

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES,
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME IV.

A PARIS,
CHEZ CARILIAN-GŒURY, ÉDITEUR-LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N°. 41.

1833.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le directeur général. Cette commission est composée ainsi qu'il suit :

MM.

Héron de Villefosse, insp. gén. des mines, membre de l'Académie des sciences, président.

Cordier, insp. gén. des mines, memb. de l'Acad. des sciences.

Beaunier, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mineurs de Saint-Étienne.

Brochant de Villiers, insp. gén. des mines, membre de l'Acad. des sciences, professeur de minéralogie et de géologie.

De Bonnard, inspecteur général des mines.

Lefroy, ingénieur en chef des mines, inspecteur des études de l'École des mines.

Berthier, ingén. en chef des mines, membre de l'Acad. des sciences, prof. de chimie.

MM.

Guenyveau, ingénieur en chef des mines, professeur de métallurgie.

Migneron, ingénieur en chef des mines, secrétaire du conseil général des mines.

Élie de Beaumont, ingénieur des mines, professeur adjoint pour la géologie.

Combes, ingén. des mines, prof. d'exploitation des mines.

De Cheppe, chef de la division des mines.

Dufrénoy, ingénieur des mines, professeur adjoint pour la minéralogie, secrétaire de la commission.

Le Play, ingénieur des mines, secrétaire-adjoint de la commission.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documens relatifs à la publication des *Annales des Mines* doivent être adressés, sous le couvert de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à l'École royale des mines, rue d'Enfer, n°. 34. — Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivans.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 72 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départemens, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N. 4, PLACE DE L'ODÉON.

RECHERCHES

Sur les sulfures métalliques, et aperçus sur quelques résultats de leur traitement métallurgique.

Par J. FOURNET, directeur des mines de Pont-Gibaud (Puy-de-Dôme.)

La chimie minérale ayant pris son point de départ dans la métallurgie qui possédait déjà une masse imposante de données, il en résulta que le soufre dont le rôle, dans le traitement des métaux, est si important, occupa aussi spécialement les alchimistes et les premiers chimistes et produisit en eux cette propension qui se remarque à chaque instant dans leurs écrits, à rapporter la plupart des phénomènes à la présence de ce corps, modifié suivant le besoin de leurs idées, tantôt en une substance terreuse, sale et grossière, tantôt subtile, tantôt humide, etc., etc.

Sortis enfin peu à peu de cette voie toute chimérique, mais soumis toujours à l'impulsion primitive, une des premières comme des plus importantes questions dont ils eurent à s'occuper, fut naturellement celle de la détermination générale de l'ordre d'affinité des métaux pour le soufre. Une assez grande série d'essais fut dirigée vers ce but par Geoffroy, Gellert, Wallerius, Bergmann, etc. Le résultat en est consigné dans les tables d'affinité ou de décomposition qu'ils nous ont laissées et auxquelles ont s'est tenu jusqu'à présent; mais ils méritaient d'être répétés surtout depuis que le calcul atomistique, venant à l'appui de l'expérience, faisait espérer des faits plus pré-

cis et d'un intérêt plus général. J'ai entrepris ce travail en cherchant, toutefois, autant que le sujet le comportait, à expliquer divers faits métallurgiques qui s'y rattachent, et me bornant pour le moment aux seuls métaux usuels dont les sulfures peuvent se rencontrer dans les fourneaux.

Dès les premières expériences, on est frappé d'une difficulté qui nuit beaucoup au dosage des produits; elle provient de ce que les métaux ont généralement la propriété de s'imbiber des divers sulfures en contact avec eux ou réciproquement, et cela en proportions variées suivant que la liquation peut s'effectuer avec plus ou moins de facilité. Celle-ci est influencée elle-même par plusieurs causes, comme, par exemple, par la masse des corps, par leur fusibilité et leur fluidité relative, leur faculté à rester plus ou moins longtemps en fusion, leur adhérence mécanique, leur capillarité, leur pesanteur spécifique, et enfin leur tendance à former des sous-sulfures métalliques, généralement peu stables, mais qui existent quelquefois dans certaines circonstances dont nous verrons des exemples.

Un autre effet vient encore compliquer ces résultats, c'est la vaporisation qui a lieu, soit sur les sulfures, soit sur leurs composans, et qui en se portant surtout sur le soufre, tend à altérer la composition et la proportion des produits.

Cependant, malgré ces principes d'erreur, les produits que l'on obtient sont encore assez approximatifs pour être calculables avec certitude, et les formules chimiques servent alors à rectifier les variations provenant des causes énoncées, en

sorte qu'à l'aide de légères abstractions on peut compter sur des résultats très-précis.

Dans ce mémoire les métaux seront traités chacun dans l'ordre suivant lequel l'un désulfure l'autre, en commençant par celui qui manifeste la plus forte affinité pour le soufre. La série qui en résulte diffère complétement de l'ordre d'oxidabilité, et cette divergence donne lieu à des phénomènes variés quand il y a complication par suite des actions simultanées de l'oxigène et du soufre; nous en verrons plusieurs exemples qui serviront à démontrer combien il est essentiel de tenir compte de la présence de tous les agens, si l'on veut s'expliquer ce qui se passe dans les opérations métallurgiques.

1°. *Sulfure de cuivre.*

Le cuivre paraît être un des métaux dont l'affinité pour le soufre est la plus forte; il l'emporte même sur le fer, car d'après les recherches de M. Berthier (*Ann. des mines*, tome 1er., 2e série), on ne peut pas extraire la plus petite portion de métal du cuivre pyriteux par les carbonates alkalins et par le fer métallique. De mon côté j'ai chauffé au creuset brasqué, à 150 pyr., le mélange suivant :

Sulfure de cuivre. .	CuS	1 at. . .	9,92	13,31
Fer métallique. . .	Fe	½ at. . .	3,39	

duquel devait résulter d'une part du proto-sulfure de fer, Fe S^2, et de l'autre, du cuivre métallique si la décomposition eût été possible. Le culot pesait. . . . . 13,25.

Il était composé, 1°. d'une matte cassante,

faiblement magnétique, d'une belle couleur rouge foncée, à éclat métallique, à grain fin et uni et par conséquent très-chargée de cuivre sulfuré; 2°. d'un culot métallique aigre, cassant, formé lui-même de deux parties superposées : l'une supérieure, en contact avec la matte, et dont il était impossible de la séparer complétement, était blanche et ferrugineuse; l'autre inférieure, rouge et cuivreuse; mais toutes deux du reste fort impures. Le cuivre et le fer se sont donc séparés l'un de l'autre, vu leur peu d'affinité réciproque, et chacun s'est établi suivant l'ordre des densités respectives.

Le culot métallique pesait. .	5,45	13,35
Reste donc pour la matte. .	7,90	

Le mélange primitif $CuS + \frac{1}{2} Fe = 6 Cu + 3 Fe + 6 S$ a donc donné

$$\underset{\text{Métal.}}{(2\,Cu + 2\,Fe)} + \underset{\text{Matte.}}{(4\,CuS + Fe\,S^2)}$$

Formule à laquelle correspond

Métal	Cuivre métallique. . .	264	4,90	13,31
	Fer métallique. . . .	226		
Matte	Cuivre sulfuré. . . .	661	8,41	
	Fer sulfuré.	180		

quantités qui diffèrent assez peu de celles obtenues par l'essai pour qu'on puisse les admettre comme réelles, surtout si l'on considère que le fer et le cuivre sulfurés en se réduisant par le contact du charbon de la brasque, comme nous le verrons plus loin, ont dû augmenter la portion métallique aux dépens de la matte, et qu'enfin

on n'a pas pu détacher entièrement cette dernière du culot inférieur.

La formule $4CuS + FeS^2$ de la matte nous démontre que le soufre est resté de préférence uni au cuivre, et par conséquent que son affinité est prépondérante.

Dans une seconde expérience, faite dans les mêmes circonstances que la précédente, j'ai opéré sur un mélange à peu près inverse, c'est-à-dire :

Sulfure de fer FeS^2 . .	1 at. . .	1080	}	18,71.
Cuivre métallique. Cu.	1 at. . .	791	}	
La masse totale pesait après l'opération.				18,85.
Augmentation de poids. . .				0,14

Elle se composait de deux parties, savoir :

1°. D'une matte abondante qui tirait beaucoup plus sur le jaune du sulfure de fer que la précédente, et pesant.	15,55	18,85.
2°. D'un culot de fonte grise cassante, fortement magnétique, sans traces de cuivre visible.	3,30	

Le cuivre a donc été complétement sulfuré, une portion du fer réduite, et la formule primitive, modifiée d'après cette nouvelle combinaison, donne :

$$\underset{\text{Matte.}}{(Cu\,S + \tfrac{1}{2}Fe\,S^2)} + \underset{\text{Culot.}}{(\tfrac{1}{2}Fe)},$$

Matte	Cu S = 9,92 $\frac{1}{2}$ Fe S^2 = 5,40	. . . .	15,32	18,71
Métal	$\frac{1}{2}$ Fe = 3,39	. . . .	3,39	

Le sulfure de fer a une grande tendance à s'unir au sulfure de cuivre en proportions très-variées ;

les mélanges suivans, soumis au creuset brasqué, à 150° pyr. :

FeS^2....	1 at....	10,80...	1 at....	10,80....	2 at...	21,60
CuS.....	2 at....	19,85...	1 at....	9,92....	1 at...	9,92
Totaux....		30,65		20,72		31,52
ont donné des culots pesant...		30,70		20,75		31,50

Ces culots sont très-homogènes et correspondent au diverses variétés de *Bunt-kupfererz* ou cuivre sufuré panaché des minéralogistes.

Ils paraissent d'autant plus cassans, d'un rouge plus faible et tirant davantage au jaune qu'ils renferment plus de proto-sulfure de fer; en général le fer communique à ces mattes une cassure grenue et lamellaire, tandis que le sulfure de cuivre leur donne une cassure plus compacte et un rouge violacé.

On remarque, dans la plupart de ces résultats, une augmentation de poids qui n'est qu'accidentelle à cause de sa variabilité ; cependant comme elle diminue et tourne même en perte avec de fortes doses de fer, ainsi qu'on le voit dans le dernier mélange, il est probable qu'elle dépend alors de l'action du carbone, et je suis d'autant plus porté à le croire, qu'ayant soumis celui-ci de nouveau à une température intense au point de ramollir le creuset,

Son poids s'est réduit à.	30,20	31,52
D'où il suit qu'on a eu un déchet total de.	1,32	

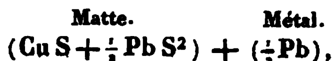
Le dégagement du soufre s'est manifesté par les petites fibres de cuivre métallique qui s'était liquaté à la surface du culot (car ce métal n'a

aucune tendance à rester uni au sulfure), et par la forte attraction que le culot exerçait sur le barreau aimanté.

On sait depuis long-temps que le cuivre réduit la galène, mais toujours on suppose que c'est imparfaitement et qu'une portion du cuivre s'unit au plomb; néanmoins le peu d'affinité que le cuivre métallique manifeste pour ce métal permettait d'admettre que la réduction devait s'effectuer aussi bien que pour le fer, en prenant les précautions convenables. Je fis donc les mélanges suivans, qui furent chauffés à 50° pyr. dans un creuset ordinaire.

Cuivre métallique...	1 at...	23,73...	2 at...	47,48
Galène...............	1 at...	89,73...	1 at...	89,73
Totaux...........		113,46	....	137,21
Plomb produit..............		35,00	....	70,50
D'où matte par différence..		78,46	....	66,71

Dans le premier cas, j'ai obtenu la moitié environ du plomb contenu dans le sulfure parce qu'un atome de cuivre ne se charge que d'un atome soufre à cette température et la formule devient :



$$(CuS + \tfrac{1}{2} PbS^2) + (\tfrac{1}{2} Pb),$$

à laquelle correspond,

Plomb métallique....	½ at....	3882......	3882	11343
Sulfure de cuivre....	1 at....	2976	 7461	
Sulfure de plomb....	½ at....	4485		

La matte était fortement lamelleuse, à reflets miroitans comme une galène, mais beaucoup plus noire, ses caractères coïncident donc avec ceux d'un sulfure double.

Dans le second cas j'ai obtenu tout le plomb contenu dans la galène, ou le double de la quantité précédente, et le déchet que l'on remarque ne provient, dans l'un et l'autre cas, que de la vaporisation qui est assez intense, car chaque fois qu'on découvrait le creuset il se dégageait une forte flamme blanche bleuâtre.

La matte avait tous les caractères de sulfure de cuivre pur et l'on n'a trouvé que de très-petites grenailles de ce métal à la base du culot de plomb.

Pour obtenir des résultats aussi précis, il ne s'agit que de laisser refroidir graduellement le creuset, par ce moyen, la liquation des métaux d'avec les sulfures s'opère aussi parfaitement que possible.

Les métallurgistes ont basé divers traitemens sur cette propriété du cuivre; ainsi pour les galènes cuprifères on obtient d'abord des mattes plombeuses qui, après plusieurs refontes, deviennent de plus en plus riches en sulfure de cuivre et que l'on finit par traiter pour ce dernier métal.

A Schemnitz, du temps de Jars et Duhamel on avait imaginé un procédé de séparation de l'or et l'argent d'avec les mattes cuivreuses, qui était fondé sur les mêmes lois d'affinité, et qui évitait des frais de traitemens compliqués et dispendieux. Les mattes cuivreuses aurifères, obtenues par le traitement des pyrites, étaient fondues au fourneau à manche avec de la litharge. L'or métallique ne pouvant pas s'unir au soufre, ni par conséquent au sulfure de cuivre, se concentrait dans le plomb réduit.

Il est évident que le procédé eût été loin d'être parfait si le sulfure de cuivre eût cédé du soufre à ce dernier métal.

Nous pouvons conclure de ces divers faits, que

le cuivre est un excellent désulfurant pour la galène, et que, si on ne l'emploie pas, c'est plutôt à cause de son prix élevé, et parce que son excès se réunit au plomb, qu'à cause d'une imparfaite réduction.

2°. *Sulfure de fer.*

Le fer se comporte avec la galène comme le cuivre, mais, son sulfure contenant beaucoup plus de soufre, il est d'un emploi plus avantageux; aussi a-t-il été déjà très-anciennement employé à cet usage, et l'expérience a démontré qu'environ 0,25 de fer métallique suffisait, ou autrement qu'il fallait employer 1 at. de galène pour 1 at. de fer métallique, c'est-à-dire rigoureusement 0,22 de ce dernier métal. Le produit est d'une part du proto-sulfure de fer $Fe\,S^2$ et de l'autre environ 80 pour 100 de plomb métallique; la perte ne roule que sur la vaporisation, et sur une très-faible imbibition de plomb dans la matte.

Si l'on n'emploie que la moitié du fer nécessaire, comme dans le mélange suivant que l'on a traité à 50 pyrométriques.

Sulfure de plomb.	2 at. . .	59,82	66,60
Fer métallique.	1 at. . .	6,78	

On obtient un plomb très-aigre, imbibé de matte, qui se détache d'ailleurs assez imparfaitement de celle-ci;

Son poids s'élève à	21,40	66,60
D'où matte.	45,20	

C'est-à-dire que l'on n'obtient qu'environ la moitié du plomb contenu dans la galène, et que la matte est formée par un sulfure double des deux

métaux, comme on l'a déjà remarqué pour le cuivre; celle-ci, dans le cas présent, est poreuse, semblable à une galène à moyennes facettes, seulement son éclat tire faiblement sur le rougeâtre, elle est peu magnétique, et jouit comme la galène de la propriété de filtrer à travers des creusets de terre sans s'y combiner, propriété qu'elle tient essentiellement du sulfure de plomb, celui de fer ne paraissant pas jusqu'à présent participer de cette faculté.

Si l'on compare le résultat réel avec celui qui résulte du calcul de la formule

Métal. Matte.

$$2\,PbS^2 + Fe = (Pb) + (PbS^2 + FeS^2)$$

Plomb mét.		25,89	25,89	66,60
Sulfure de plomb.	1 at.	29,91	40,71	
Sulfure de fer. .	1 at.	10,80		

On voit que la matte a dû retenir considérablement de plomb métallique par imbibition; c'est ce qui se voit à chaque instant dans les traitemens métallurgiques où l'on obtient ce produit; car, si après la percée on laisse la surface du bain se figer, on peut en enlever un disque circulaire d'épaisseur variable, composé généralement de sulfure double, lequel, posé verticalement sur son diamètre pendant qu'il est encore rouge, laisse ruisseler de sa surface le plomb métallique qu'il contient, comme s'il y avait liquation; mais la majeure partie est réabsorbée dans le trajet qu'elle parcourt sur la matte avant de venir à terre, et l'on n'obtient que de faibles quantités de métal. Comme ces mattes de sulfure double de fer et de plomb sont très-poreuses, on peut expliquer en partie par cette texture l'action qu'elles exercent

sur le plomb métallique, action qui dépendrait beaucoup de la capillarité; nous verrons plus tard une autre cause de ce phénomène.

Dans une seconde expérience j'ai opéré sur les mêmes mélanges que précédemment, mais à une haute température au creuset brasqué.

Le culot ductile pesait. . . .	27,70	53,10	66,60
Et la matte.	25,40		
D'où il suit que la vaporisation s'est élevée à	13,50		

Le mélange $2\ Pb\ S^2 + Fe$ s'est donc décomposé en trois parties.

Métal.	Matte.	Vaporisation.
(Pb) +	$(Fe\,S^2 + \frac{1}{2}\,Pb\,S^2)$ +	$(\frac{1}{2}\,Pb\,S^2)$

Ce qui donne

Métal.	$Pb = 2589$	. . . 25,89	66,59.
Matte.	$\frac{1}{2}\,Pb\,S^2 = 1495$ $Fe\ S^2 = 1080$	. . . 25,75	
Vaporisation.	$\frac{1}{2}\,Pb\,S^2 = 1495$	. . . 14,95	

D'après le calcul, la portion de plomb réduit serait plus faible que par le fait. On a déjà remarqué un pareil résultat dans mes recherches sur la vaporisation de la galène; il peut provenir en grande partie de ce que la galène se réduit partiellement en plomb métallique par suite de la décomposition qu'elle éprouve à cette haute température.

Si, au lieu d'opérer un mélange parfait, on employait dans ce cas de petits clous en guise de limaille de fer

La vaporisation pourrait s'élever jusqu'à.	23,00	. . 66,60
La quantité de plomb serait peu différente.	25,20	
Mais la matte ne pèserait plus que	18,40	

Ces faits divers, rapprochés les uns des autres, nous font concevoir les circonstances auxquelles il faut avoir égard dans le traitement direct de la galène par le fer; ainsi une allure rapide est indispensable afin de réduire à sa plus simple expression la perte par vaporisation; cette marche est provoquée fortement par une dose abondante de scories d'affinage de fer dont l'emploi est d'autant plus avantageux ici, que non-seulement elles impriment un mouvement descensionnel accéléré aux matières contenues dans le fourneau, en vertu de leur fusibilité, mais encore parce qu'une portion de l'oxide qui y est contenu, étant réduit par le soufre et le charbon contribue aussi à la désulfuration.

Il faut, tant que possible, mettre le fer sous un petit volume ou le granuler comme on le pratique en différentes localités, afin que les mélanges soient parfaits, et multiplier ainsi les points de contact du fer et de la galène. Une température élevée favorise beaucoup la décomposition, probablement parce qu'elle seule suffit déjà pour décomposer partiellement le sulfure de plomb, et que cette action devient essentielle en présence des masses; c'est ainsi qu'à Tarnovitz, avec les minerais les plus purs, on n'a obtenu de bons résultats au fourneau à manche, qu'en faisant usage de cook au lieu de charbon de bois; ou bien même en opérant au demi-haut-fourneau, si les matières étaient un peu moins pures. A Pont-Gibaud, avec des schlichs très-blendeux et pyriteux, je n'ai pu obtenir, par ce procédé, des mattes exemptes de plomb qu'en faisant de même usage de ce dernier fourneau; enfin une grande pureté du minerai contribue beaucoup à la réussite; s'il contient des

pyrites et autres sulfures, ceux-ci augmentent la proportion des mattes qui retiennent toujours une certaine dose de plomb en imbibition, et toute perte devient notable quand on opère sur des quantités considérables.

Ces sulfures cèdent d'ailleurs quelquefois et sous certaines influences comme celles de l'oxigène et de la silice combinés, une partie de leur soufre au plomb qui est assez peu oxidable et le font entrer ainsi dans la matte, quoiqu'il ait directement moins d'affinité pour le soufre que ces métaux étrangers.

En faisant usage d'une plus forte proportion de fer que celle qui est nécessaire pour décomposer la galène, comme par exemple en opérant à 50° pyrométriques sur

Fer métallique. . . .	2 at. . .	40,68	130,68
Galène.	1 at. . .	90,00	

on obtient une matière fluide, et, comme on devait s'y attendre, autant de plomb que par le dosage rigoureux. La matte est abondante sans séparation de fer métallique; on pourrait donc croire à l'existence d'un sous-sulfure ferreux Fe S, surtout d'après l'aspect homogène qu'elle possède; elle est d'ailleurs fortement magnétique; mais si on essaie de la porphyriser, elle se réduit partiellement en poussière, et l'autre partie reste sous forme de petits grains métalliques ductiles et blancs qui ne sont que l'excès du fer, retenu mécaniquement dans la matte sans même avoir été fondu; on en a traité au creuset brasqué à 150° pyr. 20.00

qui ont produit un culot bien fondu et pesant. 18.00

D'où perte par vaporisation. 2.00

Ce culot était composé d'une matte ferrugineuse, jaune de laiton, et grenue comme le protosulfure de fer pur, Fe S^2, et à sa base s'était rassemblée de la fonte blanche très-aigre que je n'ai pu séparer assez parfaitement pour la peser; c'était le fer excédant qui n'avait pas pu entrer primitivement en combinaison; enfin le tout était enveloppé d'une lamelle très-mince de plomb ductile qui ne pouvait être que le produit de la portion de ce métal restée en imbibition dans la matte.

Il faut donc une certaine élévation de température pour que le fer métallique puisse se séparer de son sulfure dans lequel il n'est que disséminé. Pour confirmer cet aperçu, j'ai chauffé à 140° pyr. seulement et au creuset brasqué le mélange:

Sulfure de fer FeS^2. . 1 at. . .	10,80	17,58
Fer métallique Fe . . . . 1 at. . .	6,78	
J'ai obtenu un culot pesant.		17,75
Augmentation de poids.		0,17

Le culot était bronzé, homogène, magnétique, bulleux et à bulles tapissées de cristaux, qui semblaient être des tetraëdres emboîtés les uns dans les autres; mais il ne s'était pas encore séparé de fer métallique, que l'on pouvait d'ailleurs retrouver disséminé en petits grains à l'aide de la simple pulvérisation.

Un autre mélange pareil au précédent, soumis directement à un coup de feu capable de ramollir le creuset, m'a donné au contraire un culot total pesant. 17,90

qui se composait de fonte blanche cassante.	5.12	17,90
Matte.	12,78	
D'où résulte un augmentation de poids.		0,32

qui ne peut tenir, comme dans le cas précédent, qu'à une combinaison du carbone avec le fer libre.

Les essais démontrent qu'il ne peut exister de sous-sulfure de fer en présence du charbon, et à une température suffisante.

Il me semble donc que les sous-sulfures que Bredberg a rencontrés parmi les produits du traitement de divers minerais, ne sont autre chose que de ces culots connus sous le nom de loups ou de renards, et dans lesquels j'ai reconnu quelquefois un mélange de fonte cassante et de fer imparfaitement malléable, imprégnés de sulfure de fer d'une façon analogue à ce qu'on voit dans les essais précédens, sans qu'il soit permis, pour ces petites doses de soufre, d'en conclure l'existence de sous-sulfures métalliques pareils à ceux qu'Arfvedson a produits en réduisant à l'aide de l'hydrogène divers sulfates ferreux.

Le charbon réduit le sulfure de fer, FeS^2 à l'aide d'une température convenable.

Ainsi, sulfure de fer.	10,80
Chauffés dans un creuset brasqué à 150° pyr., ont laissé un culot pesant.	10,26
D'où il suit qu'il y a eu perte de.	0,54
Le même culot soumis une seconde fois à la même épreuve s'est réduit à	10,02
On a donc eu un nouveau déchet de. . .	0,24
Et la perte totale s'élève à	0,78

Enfin, ce qu'il y a de remarquable et ce qui confirme d'ailleurs bien que la perte ne peut être attribuée qu'au soufre, c'est que le sulfure primitif n'était guères magnétique, comme l'est en général le proto-sulfure de fer bien préparé, tandis qu'après ces opérations il jouissait au contraire

à un haut degré de cette propriété; il s'était donc formé du fer libre qui restait encore en mélange dans le sulfure, parce qu'il était en trop petite proportion pour pouvoir s'en séparer. D'après Karsten (*Manuel de la Mét. du fer*, page 122), le proto-sulfure, exposé des heures entières avec le charbon à la plus forte chaleur blanche, n'éprouve point de changemens essentiels, il absorbe seulement une petite dose de carbone et devient plus cassant; ce résultat est, comme on le voit, positivement contredit par les précédens, et d'ailleurs le carbone ayant un poids atomique environ trois fois moindre que le soufre, il s'ensuit qu'à mesure qu'un atome du premier expulse un atome du second, la masse totale doit éprouver une perte sensible.

3°. *Sulfure d'étain.*

Ce sulfure est très-difficile à produire en alliant directement le soufre à l'étain; car le dégagement de calorique est tel que la majeure partie du soufre se volatilise, et il reste une masse ductile se séparant en fragmens anguleux qui ne sont autre chose que de l'étain métallique, divisé simplement par de grandes lames de sulfure noir bleuâtre et cassant, sans qu'on puisse en déduire qu'il y ait combinaison entre le sulfure et le métal.

Les essais suivans nous feront voir comment on peut l'obtenir facilement par voie sèche.

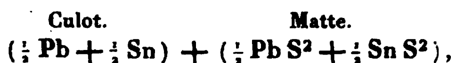
Etain métallique.....	1 at...	44,10...	2 at...	44,10
Plomb sulfuré.......	1 at...	89,73...	1 at...	44,86
		133,83		88,96

Le premier mélange s'est fondu à 50° pyr. en dégageant une flamme bleuâtre, et par

un refroidissement lent, il a tellement gagné en volume par sa cristallisation, qu'il a déterminé la rupture du creuset; on a trouvé un culot composé de deux parties; l'une supérieure, cristallisée en grandes lames métalliques, très-éclatantes, d'un gris foncé ou noir, et non susceptibles de se couper au couteau; l'autre inférieure, divisée en parties anguleuses par une portion du sulfure supérieur qui s'y était dissout, comme c'est le cas pour le sulfure d'étain; ces dernières se coupaient très-bien au couteau, étaient d'un blanc argentin, et se comportaient, dans les essais, comme un alliage de plomb et d'étain.

La partie inférieure pesait.	64,00	133,83
D'où il suit que la matte s'élevait à.	69,83	

En admettant celle-là comme composée de ½ atome de plomb et de ½ atome d'étain, on aura la formule :



Culot. Matte.

$$\left(\tfrac{1}{2}\,Pb + \tfrac{1}{2}\,Sn\right) + \left(\tfrac{1}{2}\,PbS^2 + \tfrac{1}{2}\,SnS^2\right),$$

qui approche suffisamment de la réalité, car, traduite en nombres, elle nous donne :

Pour l'alliage	Etain métallique. .	22,05	60,88	133,82
	Plomb métallique.	38,83		
Pour la matte	Sulfure de plomb.	44,86	72,94	
	Sulfure d'étain. . .	28,08		

Quantités qui concordent assez passablement avec le résultat de l'expérience, surtout si l'on considère la forte imbibition de sulfure qui a eu lieu dans l'alliage.

Le soufre se partage donc également entre le plomb et l'étain; cependant l'affinité de ce dernier est prépondérante, puisque, dans le second

essai, qui renfermait deux atomes d'étain, on a obtenu une masse totale pesant 86,00

Composée de métal.	59,00	86,00	88,96
matte.	27,00		
D'où vaporisation.		2,96	

Or,

1 at. d'étain métallique. . =	22,05	60,88	88,96
1 at. de plomb métallique. =	38,83		
et 1 at. d'étain sulfuré. . . . =	28,08	28,08	

D'où il suit que la galène a été désulfurée complétement par deux atomes d'étain; qu'il se forme dans l'un et l'autre essai un alliage identique des deux métaux, et qu'en traitant de la galène par un excès d'étain on produit du sulfure d'étain.

M. Berthier a essayé de séparer l'étain de son alliage avec le fer, en faisant usage de pyrites (*Annales des Mines*, Ire. série, T. XIII, p. 311); mais il n'a obtenu que des sulfures doubles. J'ai pensé qu'en divisant, à l'aide du plomb, l'affinité que le sulfure d'étain manifeste pour le sulfure de fer, et qu'en sulfurant seulement ce dernier métal par la galène, employée en proportion convenable, la réussite devait être certaine; d'ailleurs, l'alliage obtenu étant d'un usage presque aussi général que celui de l'étain pur, on pourrait en tirer facilement parti après l'avoir purifié par liquation.

J'ai donc composé, au creuset brasqué, à 150° pyrométriques un alliage de fer et d'étain, atome pour atome. Le métal obtenu se laissait pulvériser. A cet alliage j'ajoutai un atome de galène:

Fer métallique.	6,78	51,39
Etain métallique.	14,70	
Sulfure de plomb.	29,91	

et il a produit, en opérant comme un essai de plomb, un culot total pesant 49.80.

Composé d'alliage ductile. . . .	35,20	49,80
et de matte.	14,60	
Vaporisation.		1,59
	Total. . .	51,39

La réduction n'avait donc pas été complète; dans une seconde tentative faite en mélangeant simplement les trois substances, je suis parvenu à peu près au même résultat, et les mattes, vu leur couleur grise, retenaient évidemment un sulfure étranger en combinaison. Supposant que ce manque de succès provenait de ce que la température n'était pas suffisamment élevée pour détruire la combinaison, j'ai encore opéré au creuset brasqué à 150° pyr. et j'ai obtenu

Un culot ductile qui ne pesait que. .	34,20	51,39.
et la matte.	11,95	
D'où il suit que la vaporisation s'élevait à	5,24	

Le poids de la matte était encore un peu trop fort, et il n'aurait dû s'élever qu'à 10,80.

Il paraît, d'après cela, qu'il y a toujours une forte tendance à la combinaison entre les sulfures de fer et d'étain, et que la réussite de ce procédé, si on venait jamais à l'appliquer en grand, serait assez délicate; cependant, pour confirmer ce que j'avance sur la probabilité du succès d'un pareil traitement, je citerai le fait suivant arrivé à l'usine de Pont-Gibaud.

Parmi les ferrailles employées à la réduction des schlichs grillés, encore plus ou moins sulfurés, il se rencontra un jour une assez grande quantité de fer-blanc qui fut mis sur les lits de fusion.

Le plomb d'œuvre qui en provint, soumis à la coupellation, fournit, comme de coutume, ses abstrichs ou oxisulfures, mais après leur enlèvement, et avant la production des litharges, il se forma, sur le bain, une nappe infusible qui, détachée avec un rable, se présentait sous forme d'écailles, ou de lames brisées, très-minces et jaunâtres; sitôt enlevée, il s'en reproduisait une nouvelle, et l'on fut obligé de continuer ainsi pendant plusieurs heures, jusqu'à ce que le plomb fût débarrassé par l'oxidation de tout ce corps étranger. Quelques essais m'ont d'ailleurs fait reconnaître facilement que ces lames n'étaient qu'une combinaison d'oxide d'étain et de plomb analogue à la potée d'étain; ainsi donc, une quantité notable d'étain s'était réunie dans le plomb.

4°. *Sulfure de zinc.*

Le sulfure de zinc se réduit, comme la plupart des sulfures métalliques, par le contact du charbon à une température élevée :

Sulfure de zinc. 1 at.	12,08
Soumis au creuset brasqué s'est réduit dans une première opération à	8,41
D'où vaporisation.	3,67
Le même culot traité de nouveau à une température à peu près semblable ne pesait plus que.	5,45
D'où une nouvelle vaporisation de.	2,96
et la perte totale s'est élevée à	6,63

ou à environ la moitié de la quantité de blende employée; mais, dans ces opérations, le sulfure m'a toujours paru identique et fusible; car les culots étaient alors tous arrondis, quoique peu cohérens; en sorte qu'il y a probablement, dans ces

décompositions, formation de sulfure de carbone et de zinc métallique, tous deux volatils.

La décomposition de la blende est fortement favorisée par le cuivre, le fer et l'étain métallique, c'est ce qui m'a déterminé à fixer sa place après ces divers métaux.

Sulfure de zinc. . 1 at.	12,08	27,90	
Cuivre métallique. 2 at.	15,82		
ont produit un culot total comp. de matte.	18,53		20,73
et de cuivre rouge cassant et pâle. . . .	2,20		
D'où vaporisation.			7,17
			27,90

La matte n'était que du sulfure de cuivre pur.

Quant au petit culot de cuivre, il était allié, soit à du zinc, soit peut-être aussi à des traces de fer métallique, provenant de la blende qui était un peu ferrugineuse; ces circonstances sont probablement cause de ce que la vaporisation ne s'est pas élevée à 8,06, comme elle aurait dû être si la décomposition eût été complète; dans tous les cas, cet essai est suffisant pour démontrer que la blende est complétement réduite par la dose de cuivre nécessaire pour absorber tout le soufre et constituer le sulfure CuS.

M. Berthier a déjà apprécié cette action du cuivre dans le traitement de galènes blendeuses et cuprifères (*Ann. des Mines*, 3e. série, tome II, p. 137); quand après avoir discuté le rôle du zinc dans les diverses usines, et qui, notamment à Pont-Gibaud se concentre à l'état de sulfure dans la scorie, il dit : « Nous voyons à Holzapfel l'opposé » de ce qui se passe à Pont-Gibaud; les mattes ne » renferment presque pas de zinc, et les scories en » retiennent une très-grande proportion à l'état » d'oxide. Il n'aurait pas été possible de prévoir

» ce résultat à *priori*; il paraît dépendre de la
» présence du cuivre dont l'oxide est très-réductible, et qui a beaucoup d'affinité pour le soufre. »

Le fer réduit la blende avec un peu plus de difficulté que le cuivre, et cela d'une manière très-variable, suivant la température. Ainsi, un mélange de :

Sulfure de zinc. . .	1 at. .	12,08	18,86
Fer métallique. . .	1 at. .	6,78	

soumis au creuset brasqué, à des chaudes croissantes, depuis 140° environ jusqu'au point de ramollissement du creuset, a donné les résultats suivans :

	1°.	2°.
Culots.	15,20	11,45
Vaporisation. . .	3,66	7,41
Totaux. . .	18,86	18,86

Dans le premier cas, le culot était peu cohérent, excepté au centre où il était fondu, cristallin et de couleur brune; par la porphyrisation on a retrouvé même au centre des globules métalliques de fer ductile; la température n'avait donc pas été suffisante.

Dans le second cas, le culot paraissait retenir encore des lamelles de blende noire ou combinée à du sulfure de fer, mais seulement en mélange mécanique, car la masse était du sulfure de fer pur; une plus forte dose de calorique eût achevé cette décomposition; en outre on a obtenu, comme pour le cuivre, mais en moindre proportion, une petite grenaille de fonte blanche réunie à la base du culot, et qui était entourée d'une couche mince de graphite. Ce corps, qui s'est isolé ainsi par re-

froidissement, comme on le voit souvent à la surface des gueuses, vient bien à l'appui de la combinaison du fer en excès dans les proto-sulfures avec le carbone, comme j'ai déjà cherché à l'établir précédemment; et l'on voit encore combien peu le fer a de tendance à rester dissous dans son sulfure.

Un très-grand excès de fer favorise le dégagement du zinc; ainsi, en soumettant à la même température que le dernier essai un mélange de

Sulfure de zinc. . . 1 at. . . .	12,08	}	25,64
Fer métallique. . . 2 at. . . .	13,56	}	
Le culot total pesait.			17,60
D'où vaporisation. . .			8,04

Dans ce cas tout le zinc s'est donc vaporisé, et le culot se composait effectivement d'une matte jaune de laiton, ou de

Proto-sulfure de fer pesant. . . .	14,08	17,60
et d'un culot de fonte blanche cassante.	3,52	

une portion du fer était donc restée, comme généralement, dans les autres cas, en imbibition dans le sulfure.

Il est essentiel de fortement chauffer, une température moindre a donné quelquefois des pertes qui ne s'élevaient qu'à 6,14, et le sulfure de zinc était visiblement disséminé dans les mattes.

En général, le sulfure de zinc s'unit très-bien au sulfure de fer. On rencontre, à chaque instant, ce mélange dans la nature; c'est lui qui colore en jaune, brun, rouge ou noir les diverses blendes, et quelquefois même il en résulte des combinaisons atomiques, telles que la *Marmatite* de Boussingault, dont la composition est $FeS^2 + 3ZnS^2$,

et la blende de Cogolin (département du Var), analysée par M. Berthier, qui a pour formule $4ZnS^2+FeS^2$. C'est aussi cette combinaison du sulfure de zinc et du sulfure de fer qui augmente notablement la solubilité des blendes dans l'acide muriatique, dans lequel le sulfure pur et même récemment précipité est presque insoluble.

J'ai cherché à produire, par voie sèche, des combinaisons analogues; les précédentes sont trop peu fusibles à cause de l'excès de zinc pour que la réussite soit complète, mais avec les mélanges:

Sulfure de fer.	1 at.	10,80	2 at.	21,60	4 at.	21,60
Sulfure de zinc.	1 at.	12,08	1 at.	12,08	1 at.	6,04
Total. . .		22,88	. . . .	33,68	. . .	27,64
Culots produits .		20,10	. . . .	32.00	. . .	26,40
Vaporisation. . .		2,78	. . . .	1,68	. . .	1,24

on obtient des culots fondus, homogènes, bulleux, plus ou moins friables, et d'un noir intense, excepté pour le dernier qui tirait déjà sur le jaune du sulfure de fer; les pertes par vaporisation résultent toutes de la décomposition d'une petite portion de blende par le charbon : cette vaporisation est variable avec la température, ou plutôt diminue avec la dose de sulfure de fer qui retient le sulfure de zinc par son affinité.

L'étain désulfure aussi la blende; mais comme ce métal est très-fusible, et que la blende est réfractaire et laisse une masse très-poreuse, on n'obtient pas de résultat convenable en mélangeant simplement la blende avec des copeaux d'étain, parce que le métal filtre de suite au fond du creuset et se soustrait ainsi à l'action du sulfure; il faut donc mettre la blende pulvérisée au fond de

la brasque, la tasser un peu et y superposer l'étain. De cette manière :

Sulfure de zinc. . . .	1 at.	12,08	}	26,78
Etain métallique. . .	1 at.	14,70		
ont laissé un culot pesant.				4,92
D'où vaporisation.				21 86

Le culot n'est autre chose que de l'étain mélangé mécaniquement de blende pulvérulente non décomposée, et il est probable qu'une action un peu plus prolongée eût amené une décomposition complète; quoi qu'il en soit, il faut que tout le sulfure d'étain se vaporise avec le zinc métallique, puisqu'on n'en aperçoit guère que de faibles traces, et que la blende paraît pure; en sorte qu'il n'y aurait pas de combinaison possible entre ces deux corps.

L'action du zinc sur la galène méritait d'autant mieux d'être étudiée, que ces deux substances se rencontrent à chaque instant associées dans la nature comme dans les traitemens métallurgiques.

Dans un premier essai je mélangeai simplement des copeaux de zinc métallique avec la galène, et j'opérai comme pour un essai ordinaire de ce minerai par le fer.

Zinc. . . .	1 at.	24,18	}	114,18
Galène. . .	1 at.	90,00		

furent échauffés graduellement pour que la réaction ne fût pas trop instantanée ; bientôt la flamme du fourneau se colora en bleu verdâtre très-beau; il se brûla donc considérablement de zinc. Le résidu de l'opération composait une masse cohérente grise, terreuse, mêlée de zones de

galène inaltérée et agglomérée par la fusion. Par la pulvérisation et le lavage par décantation, on obtint quelques paillettes de plomb ductile : la réduction a donc été fort imparfaite, par suite de la combustion et de la vaporisation du zinc.

Au lieu d'opérer comme précédemment, j'ai voulu faire usage d'une cornue de verre, malheureusement elle s'est trouvée trop fusible, en sorte que je n'ai obtenu aucune réaction à la température du verre fondant au rouge cerise naissant; la matière avait seulement un peu terni et pris une teinte noire; mais comme tout s'est dissout assez facilement dans la muriatique, il n'y a eu aucune formation de blende.

Pour me mettre enfin à l'abri à la fois de toutes ces causes de non réussite, j'ai fait usage du creuset brasqué, au fond duquel j'ai introduit un excès de zinc métallique en morceaux, savoir :

Zinc métallique	4 at. . . .	32,24	62,15
Puis par-dessus, galène.	1 at. . . .	29,91	

Le tout fut recouvert de poussière de charbon, luté, puis échauffé graduellement, et finalement on a donné un bon coup de feu. Au bout de quelque temps de chauffage, la vaporisation du zinc entraînant du sulfure de plomb, ne tarda pas à se manifester par une belle flamme bleue verdâtre, et après l'opération on trouva au couvercle du creuset un fort sublimé de galène entraînée par le zinc.

Le culot resté dans le creuset pesait.	27,00	62,15
D'où il suit que la vaporisation s'est élevée à.	35,15	

et par conséquent a été plus forte que la dose de zinc employé.

Le culot se composait de deux parties : l'une de sulfure de zinc assez abondant, floconneux ou en lamelles presque rectangulaires, ou en petits cristaux très-vifs et de couleur jaune ou brunâtre ; l'autre de plomb métallique en grenailles ou en masses tellement imprégnées par le sulfure précédent qu'elles étaient cassantes et ne pouvaient se réunir à cause de son infusibilité.

Le produit n'a donc pas pu être évalué même approximativement ; mais il n'en est pas moins constaté que le zinc réduit la galène, et si c'est imparfaitement c'est en majeure partie à sa grande volatilité qu'il faut l'attribuer.

En modifiant, un peu l'appareil et en faisant arriver le zinc métallique sous forme de vapeur à travers la galène, on pourrait préparer des cristaux de sulfure de zinc ; jusqu'à présent on n'avait guères pu y réussir à cause des explosions que ce métal produit dans son contact avec le soufre ou les sulfures, tels que ceux de mercure et de potassium ; peut-être même, qu'en décomposant celui de mercure peu à peu par le procédé que j'indique au lieu d'opérer tout à coup par voie de fusion sur un mélange direct, réussirait-on encore mieux qu'avec la galène.

Dans les fourneaux le rôle du zinc est assez varié suivant les corps avec lesquels il est en contact ; un excès d'oxigène le réduit en oxide, et il passe comme tel dans les scories ; en présence d'un excès de soufre sans oxigène il est amené à l'état de sulfure et se combine aux mattes ; avec certaines proportions de soufre et d'oxigène, il forme un oxi-sulfure de zinc et se concentre ainsi autour de la tuyère des fourneaux à manche, où il cristallise abondamment en prismes hexagonaux

infusibles à la haute température qu'il éprouve dans cette partie du fourneau; enfin il est réduit par le fer et le charbon, et se réunit alors dans les parties les plus froides du fourneau sous forme de globules métalliques, s'il se trouve dans du poussier de charbon, au travers lequel l'air ne puisse pénétrer qu'après avoir perdu tout son oxigène; autrement il s'oxide et constitue principalement autour du gueulard ces masses d'oxide de zinc testacé plus ou moins pures, connues sous le nom de cadmies.

Il était encore assez important d'examiner comment le sulfure de zinc se comportait avec celui de plomb. C'est ce que j'ai déjà fait dans mon précédent mémoire sur la vaporisation de la galène, et j'ai reconnu que ces corps n'ont aucune affinité réciproque; en sorte qu'il est nécessaire d'user de l'intermédiaire d'un troisième sulfure, tel que celui de fer, pour opérer une combinaison. Voici quelques nouveaux faits qui confirment cette assertion. Ces deux sulfures se rencontrent presque toujours ensemble dans la nature; leur formation paraît simultanée dans les filons; mais malgré cette analogie de gisement, jamais on n'a observé de combinaison entre eux, même dans le contact le plus intime.

C'est ainsi qu'au Katzenthal, près de Wissembourg, département du Bas-Rhin, on trouve des géodes testacées, creuses, formées de blende qui alterne avec des couches très-minces de galène; quoiqu'ici leur formation soit tellement contemporaine qu'elles aient concouru toutes deux en quelque sorte simultanément à la formation d'une seule masse, cependant il y a eu une séparation décidée entre elles.

Certaines blendes, dites métalloïdes, ne doivent leur aspect qu'à du sulfure de plomb interposé en lamelles excessivement fines entre celles qui constituent les cristaux de cette substance, en sorte qu'en rayant le minerai on déchire la pellicule de galène et l'éclat terreux du sulfure de zinc paraît; mais par la pulvérisation et un lavage soigné on peut isoler ces deux corps qui, dans le cas présent, ont cristallisé ensemble bien évidemment.

A Baad-Ems, sur la rive droite du Rhin, près de Coblentz, on rencontre des minerais qui offrent un grain tellement fin, que la masse est au premier coup d'œil compacte, homogène, sans le moindre indice de clivage, et sans éclat à la lumière diffuse; mais en les cassant dans certaines directions, et en les exposant à une vive lumière il est aisé d'y reconnaître alors les points isolés et brillans de galène, ainsi que les nodules de blende compacte et irrégulièrement disséminés de telle sorte qu'il est impossible d'admettre de combinaison; c'est cependant là un des exemples les plus frappans et qui tendrait le plus à faire admettre l'existence d'un sulfure double compact des deux métaux, si l'on se bornait à l'analyse sans avoir égard à un examen minéralogique soigné.

Outre ces exemples de simple aggrégation mécanique, produite par cristallisation, j'ajouterai les faits chimiques suivans :

En fondant un mélange de blende et de galène en proportion telle que celle-ci puisse n'être pas retenue par la porosité de la masse, elle se sépare peu à peu de la blende, et finit par filtrer à travers le creuset. Je tiens cette expérience de M. Berthier.

J'ai observé encore à Holzapfel et à Pont-Gibaud où les minerais sont très-chargés de zinc, que dans les grillages en tas opérés sur les minerais en morceaux il se produit souvent, par l'intensité de la chaleur, une fusion qui donne lieu à la formation de grosses masses de galène dans l'intérieur desquelles se trouvent des noyaux de blende lamellaire, seulement un peu altérée dans sa couleur. Ce cas est cependant très-favorable à une combinaison si elle pouvait avoir lieu; la chaleur est très-forte, le contact est prolongé pendant plusieurs semaines, et enfin on a l'action des masses qui souvent aussi manifeste une influence.

En fondant les oxides des deux métaux avec du foie de soufre, il n'y a pas plus de succès. Après la dissolution du sulfure de potassium par l'eau, il reste une masse brune, poreuse et friable, qui, coupée au couteau, laisse voir les nodules de sulfure de plomb.

Ce défaut d'affinité est très-favorable au traitement des minerais de plomb blendeux et pyriteux, comme c'est généralement le cas; car en grillant convenablement ces minerais, soit en tas, soit au réverbère, on les oxide en grande partie; alors le fer, dont l'affinité pour l'oxigène est prépondérante, et qui, en outre, trouve à se combiner avec la silice des gangues, forme des scories très-fusibles; le zinc, réduit à l'état de vapeurs métalliques, sert de désulfurant, à moins qu'il n'y ait suffisamment de cuivre qui a encore moins d'affinité pour l'oxigène, et une plus grande pour le soufre. Le sulfure de zinc formé est entraîné par la scorie, sans production de matte isolée, et il reste un plomb d'œuvre plus ou moins

imbibé de sulfure de plomb, que l'on peut traiter directement par la coupellation pour en extraire l'argent; tandis que, dans le cas contraire, il y aurait eu combinaison entre le sulfure de plomb et celui de zinc. Le plomb d'œuvre en eût été plus pur, mais aussi, pour extraire les portions de ce métal contenues dans le sulfure double, il eût fallu prolonger le traitement par la série du grillage et de la refonte des mattes, opérations longues, difficiles et dispendieuses, et qui n'auraient pu encore, malgré tous les soins possibles, s'effectuer qu'avec une déperdition énorme de plomb, entraîné par la vaporisation du zinc.

Une question intéressante était encore à résoudre : la blende qui se forme ainsi dans les fourneaux est-elle, malgré sa qualité réfractaire, en dissolution dans la scorie encore fluide, ou bien n'est-elle entraînée que mécaniquement, et en suspension.

Les observations suivantes prouvent que c'est réellement le premier de ces faits qui a lieu; en effet si l'on puise dans le bassin de réception une certaine quantité de scorie encore liquide, que l'on fait refroidir brusquement, elle est vitreuse dans son entier; si, au contraire on la laisse figer lentement sur la surface du bain, on reconnaît dans la cassure généralement deux parties : l'une supérieure, qui a eu le contact de l'air, et qui s'est refroidie très-lentement, est cristalline; celle inférieure, au contraire, qui était encore fluide lors de l'enlèvement, et qui se trouve refroidie brusquement, puisqu'elle ne reçoit plus le calorique des parties contiguës, est vitreuse comme précédemment. Cette cristallisation de la blende,

dans les parties qui sont sujettes à un refroidissement gradué, ne peut provenir que d'une véritable fusion ou dissolution ; qui est encore bien confirmée par l'homogénéité de la masse vitreuse à refroidissement brusque. Il y a mieux, les bonnets dont j'ai déjà suffisamment développé la formation et les caractères, dans mon mémoire sur l'influence du coke dans les fourneaux à manche, ne sont que des masses de scories surchargées de blende cristalline qui s'est réunie par voie de cristallisation dans le fond du bassin de réception.

Les densités relatives du sulfure et de la scorie ne jouent donc aucun rôle, puisque ce sulfure se rassemble indifféremment au fond ou à la surface du bain, suivant qu'il trouve des circonstances favorables à sa concentration. Ces bonnets zincifères contiennent d'ailleurs jusqu'à 0,25 de blende, tandis que les scories provenant du même travail n'en retiennent que 9 à 10 pour 100, d'après les analyses de M. Berthier.

En général on peut déduire de ces observations, que le zinc, que les métallurgistes redoutent tant en présence du plomb, traité convenablement ne présente d'inconvénient bien réel que celui de la vaporisation qu'il provoque énergiquement ; mais ce défaut est bien compensé par l'avantage qu'il offre d'être dans certains cas un bon désulfurant sans produire de mattes isolées.

Comme il est très-pénible de répéter des expériences aussi dangereuses que celles de la fusion des mélanges très-blendeux, voici quelques résultats positifs qui serviront à éclairer la marche des praticiens, en leur indiquant les limites que la blende présente à la fusibilité au fournéau à manche.

Dans un fondage exécuté à Pont-Gibaud, on fit le mélange suivant :

Minerai riche grillé. . .	4,55	kilog. tenant plomb.	2,94
Minerai blendeux grillé. .	3,90	. . . .	1,22
Sole de coupelle. . . .	1,10	. . . .	66
Abstrichs.	55	. . . .	35
Ferraille.	50	. . . .	»
Chaux fluatée.	50	. . . .	»
Scories ordinaires . . .	5,00	. . . .	»
Totaux. .	16,00		4,67

Il passa avec la plus grande difficulté ; les scories arrivaient très-fluides par intervalles, puis pâteuses, et une partie se transformait en bonnet. Le fourneau s'engorgeait tellement de cadmies plombeuses et zincifères, qu'il fallait au moins quatre fois, toutes les douze heures, les extraire sous forme de poussiers ; sans cette précaution, les charbons cimentés ensemble par les sublimés métalliques refusaient de brûler, et en même temps bouchaient tout passage à l'air, en sorte que toute trace de vaporisation disparaissait au gueulard. Les fumées condensées, par cela même, d'autant plus rapidement dans le fourneau, augmentaient le mal-aise, et la fonte s'arrêtait presque instantanément.

Après quelques jours d'une allure pareille, on modifia le lit de fusion de la manière suivante :

Minerai riche grillé. . .	535	tenant plomb. . .	294
Minerai blendeux grillé.	300	. . . .	94
Sole de coupelle. . . .	110	. . . .	66
Abstrichs.	55	. . . .	35
Ferraille.	50	. . . .	»
Chaux fluatée.	50	. . . .	»
Scories ordinaires. . .	500	. . . .	»
Totaux. . .	1600	. . . .	489

Aussitôt le fondage reprit une allure assez bonne; cependant les scories étaient encore promptes à devenir pâteuses, boursoufflées et retenant, par conséquent, des grenailles de plomb.

La fonte a été passable en mélangeant $\frac{1}{3}$ du premier lit avec $\frac{1}{3}$ du second, ce qui donnait:

Minerai riche grillé. . .	505
Minerai blendeux grillé. .	330
Sole de coupelle.	110
Abstrichs.	55
Ferraille.	50
Chaux fluatée.	50
Scories ordinaires. . . .	500
Total.	1600

Si l'on compare ce dernier lit avec le premier, on voit qu'il faut des variations très-peu importantes en apparance pour provoquer de grands changemens dans l'allure d'un fourneau; il m'est arrivé constamment de la modifier complétement par l'addition ou la soustraction d'environ 50 kil. de minerai blendeux et pyriteux, sur un mélange total pareil aux précédens.

La perte en plomb n'a cependant pas été aussi forte qu'on aurait pu le supposer d'après une marche aussi vicieuse; car sur une teneur totale de 9.000 kilog., on a obtenu directement 7.089, et le lavage des cadmies et poussiers compensa environ $\frac{1}{4}$ du déchet.

MÉMOIRE

Sur les travaux qui ont été exécutés dans le département de la Meurthe, pour la recherche et exploitation du sel gemme (1).

Par M. J. LEVALLOIS, Ingénieur des mines.

Introduction.

L'existence des sources salées dans la vallée de la Seille était connue dès le dix-septième siècle (2). Vic, Moyenvic et Marsal, possédaient déjà alors des salines. Depuis, de grandes exploitations ont été fondées sur les sources de Dieuze et de Château-Salins; et d'autres, moins importantes, sur celles de Salone, de La Grange-Fouquet, de Harancourt-lès-Marsal, de Lezay, de Haute-Lindre. On montre encore à Abondange les traces d'un puits d'où l'on a extrait autrefois de l'eau salée (3). Cassini (4) indique *un puits d'eau salée* en regard de La Grange, sur l'autre rive de la Seille. Enfin, dans toute cette vallée, surtout depuis Marsal jusqu'à Burtecourt, on voit fréquemment sourdre de petites sources salées au milieu des marais qui occupent sa partie basse (5),

(1) Ce mémoire a été redigé d'après l'ordre de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines.

(2) Mémoire sur les antiquités de Marsal et de Moyenvic, par M. Dupré, directeur de la saline de Moyenvic. (Paris, 1829), page 59, etc.

(3) Voir la carte des sondages (planche I).

(4) Feuille 142.

(5) Il est remarquable qu'on récolte abondamment

et il est de notoriété que principalement à Vic et à Moyenvic on ne peut pas percer un puits un peu profond sans y trouver des sources plus ou moins saumâtres. D'ailleurs, le nom même de la rivière, *la Seille*, et les noms de quelques villes et villages avoisinans, *Marsal*, *Château-Salins*, *Salone*, *Salival*, tout témoigne que l'existence des sources salées fut dès long-temps une notion populaire dans cette contrée. Or, du fait de cette existence découle si naturellement la supposition d'une masse riche en *muriate de soude*, sur laquelle les eaux passent pour se minéraliser, que l'on aurait droit de s'étonner si, durant onze siècles, elle n'avait pas été produite par un seul homme. Ce n'est pas, toutefois, que cette supposition soit également fondée dans tous les cas. Et, par exemple, il paraît probable qu'on chercherait en vain dans les couches qui composent *l'écorce* du globe, l'origine du muriate de soude que renferment les eaux salées *thermales*, aussi bien que de celui qui est rejeté, à l'état de vapeur, par nos volcans; beaucoup de raisons se réunissant, au contraire, pour faire penser que ce sel sort tout élaboré du *foyer central* dans lequel il faut chercher sans doute la cause génératrice des volcans comme

---

dans ces marais, sous le nom de *Passe-pierre*, une plante dont on fait confire les feuilles dans le vinaigre pour les usages de la table, et qui paraît devoir être rapportée au *crithmum maritimum* (Lamark et Decandolle), lequel croît principalement sur les bords de la mer. Cette observation, d'ailleurs, n'avait pas échappé à ces célèbres naturalistes. La carte botanique, qu'ils ont jointe à la 3me. édition de la *Flore française*, indique des plantes *maritimes* aux environs de Dieuze et de Château-Salins.

des eaux thermales. Quoi qu'il en soit, cette considération est trop exceptionnelle pour avoir jamais pu infirmer la probabilité générale, alors surtout que cette probabilité était si bien vérifiée par les faits de même ordre que présentaient diverses contrées de l'Europe, l'Angleterre, la Pologne, le Tyrol, etc. Aussi bien ces enseignemens n'ont pas été tout-à-fait perdus. Il résulte, en effet, d'un ancien manuscrit dont l'authenticité paraît certaine (1), qu'un nommé Jean Poiret vint, en 1299, offrir à Gérard, évêque de Metz, de lui découvrir de grands amas de sel gemme dans le voisinage de ses salines. D'un autre côté, Guettard, minéralogiste mort à la fin du siècle dernier, ne craint pas d'annoncer la présence du sel gemme en Lorraine; et je retrouve la même assertion dans une lettre adressée le 10 mai 1790 aux administrateurs du département de la Meurthe, par l'abbé Grégoire, alors député de l'un des bailliages de Lorraine à l'assemblée constituante. Mais il faut convenir qu'il y a encore bien loin de ces prédictions, de ces convictions, à la démonstration matérielle du fait; et c'est dans ce sens que M. Héron de Villefosse a pu et a dû imprimer en 1810, dans sa *Richesse minérale* (2): « La France ne possède point de mines de sel gemme; » et, par suite, que l'on a dit fort inexactement, dans ces derniers temps, que l'existence de ces mines en Lorraine était connue longtemps avant les sondages de Vic.

C'est en effet, à Vic, petite ville située sur la Seille, à six lieues N.-E. de Nancy, que furent

(1) Mémoire précité de M. Dupré, page 65, etc.
(2) Page 235, tome 1er.

entreprises en 1818, par la compagnie Thonnellier (1), les recherches qui amenèrent la découverte du sel gemme. L'idée de ces recherches appartient à un ancien magistrat, l'un des citoyens les plus recommandables de cette ville, feu M. Vignon. La demande adressée par la compagnie à M. le directeur général des mines, le 20 avril 1818, à l'effet d'être autorisée à établir un sondage, annonçait pour but de rechercher s'il n'existait point de mine de houille aux environs de Vic. De là, quelques personnes ont conclu que le hasard seul avait conduit les explorateurs à découvrir le sel gemme et leur ont dénié le titre d'inventeurs. Je suis plutôt porté à croire que la compagnie avait déguisé son but réel, dans la crainte assez naturelle d'être traversée dans ses opérations par les fermiers qui exploitaient alors les salines de l'Est, et auxquels la découverte du sel gemme devait nécessairement apporter du trouble. Ce qui me confirme dans cette opinion, c'est que la compagnie n'avait pas besoin de solliciter l'autorisation du gouvernement pour faire un sondage. En effet, cette autorisation n'est nécessaire que lorsqu'on veut sonder dans le terrain d'un propriétaire non consentant, et il n'était guères probable que cette circonstance se présentât; et effectivement elle ne s'est pas présentée. Dans tous les cas, et quand même la découverte aurait été le fruit du hasard, cela n'aurait affaibli en rien les droits de M. Vignon et de la compagnie Thonnellier au

---

(1) Cette compagnie était composée de MM. Thonnellier, ancien payeur général des armées; Thiébault, lieutenant-général; Goupy et Batbedat, banquiers.

titre d'inventeurs, dans le sens que la loi a attaché et dû attacher à ce mot.

Une autre opinion erronée s'est accréditée, qu'il convient de rectifier ici, afin de rendre à chacun ce qui lui appartient. Comme c'est dans les années qui ont suivi la découverte de Vic, que les nouvelles salines de la Souabe ont commencé à être toutes en activité, on a cru que l'invention française avait seule donné lieu à la création de ces usines. Mais M. Alberti établit bien nettement, dans sa géognosie du Wurtemberg (1), que le sel gemme a été atteint près de Friedrichshall, au printemps de 1816, pendant que M. le conseiller Glenk l'a rencontré au commencement de 1818 à Wimpfen, dans les états de Hesse-Darmstadt. Ainsi tombe et le reproche que les uns adressaient à la compagnie Thonnellier d'avoir fait perdre à la France d'importans marchés pour ses sels, et l'honneur que d'autres voulaient lui rapporter de la découverte allemande.

Mais résulte-t-il de ce que je viens de dire que le reproche opposé soit plus fondé? à savoir : que, comme on l'a imprimé, les explorateurs de Vic n'aient fait que suivre l'exemple de nos voisins d'outre-Rhin. Non, sans doute; et ma conviction se fonde sur cela : que l'auteur de la découverte, dont les études ni les occupations n'avaient jamais été tournées vers l'art des mines, ne pouvait pas avoir connaissance des opérations qui se faisaient sur les bords du Necker, à une époque où personne, dans ce pays de salines,

(1) Die Gebirge des Königreichs Würtemberg. Stuttgard 1826, page 216.

n'en avait encore entendu parler, et où les mineurs français, sauf ceux peut-être qui ont des relations suivies avec l'Allemagne, n'en étaient pas non plus encore instruits.

Le premier coup de sonde fut donné le 7 juillet 1818, au lieu dit le *Haut de la Forêt*; mais que l'on abandonna bientôt pour se porter à un point plus rapproché du fond de la vallée à un et demi kilomètre au sud-ouest de Vic, à gauche, et près de Dieuze à Nancy. C'est là que, le 15 mai 1819, le sel gemme fut touché pour la première fois à la profondeur de 65m.1; déjà les terres avaient commencé à être salées 15 mètres plus haut. Ce sondage fut ensuite poussé jusqu'à 106m.2, ayant traversé une épaisseur de 35m.9 de sel en six bancs, et sans que la limite du sixième eût été atteinte.

Pour compléter ces données, deux autres trous de sonde furent poussés, de l'avis des ingénieurs des mines, le premier au canton dit *les Olives*, à un kilomètre et demi environ au S.-S.-E. de la ville; le second, dans la ville même, près de l'église. Le premier a atteint le sel à 73m.3 de profondeur; le second à 76 mètres (1). Ces trois sondages n'ont traversé d'autre *formation* que celle des *marnes irrisées* qui règne presqu'exclusivement dans la contrée; les couches perforées consistant presqu'uniquement en marnes ou argiles et gypse en partie anhydre.

(1) Ce dernier sondage a présenté une circonstance intéressante : c'est qu'il a traversé à 5 mètres de profondeur, et sur l'épaisseur de 0m.66, cette sorte de fondation, qui, sous le nom de *briquetage*, a plus d'une fois attiré l'attention des antiquaires. (Voir le mémoire précité de M. Dupré, page 5, etc.)

Après avoir fait constater sa découverte, la compagnie Thonnellier s'empressa de former une demande en concession. Une pareille demande paraissant en présence d'une loi qui précisément laisse beaucoup de doute sur l'intention du législateur au sujet du sel gemme, menaçant d'ailleurs, non-seulement des fortunes particulières, mais encore la fortune de tous, puisque les salines de l'Est sont la propriété de l'Etat ; une pareille demande, dis-je, devait faire naître de graves difficultés. Aussi l'administration pensa-t-elle qu'avant de s'arrêter à une solution, il fallait qu'elle fût mieux à même d'apprécier l'importance de la découverte de la compagnie Thonnellier ; et, pour cela, que de nouvelles explorations fussent faites, et beaucoup plus en grand. Un arrêté du ministre de l'intérieur, en date du 1er. avril 1821, prescrivit donc que des travaux de recherches par puits et galeries, et de nouveaux sondages seraient exécutés par l'administration des mines ; pour faire connaître la position et la nature des gîtes de sel gemme, tant à Vic que dans la contrée environnante ; la compagnie Thonnellier étant chargée, à titre d'entrepreneur, d'après son offre, de procurer les matériaux et moyens d'exécution nécessaires, et de subvenir aux dépenses, pour en être ultérieurement remboursée par qui de droit.

Ces travaux furent commencés en juin 1821, et continués jusqu'au 11 décembre 1825, où je fus forcé de les suspendre, ne pouvant plus, avec les moyens qui étaient à ma disposition, dompter les eaux qui venaient de faire irruption dans la mine. Mais, à cette même époque, les diverses questions contentieuses, qui s'étaient élevées au sujet du

sel gemme, recevaient leur solution. En effet, une ordonnance avait été rendue le 21 août de cette même année, en exécution de la loi du 6 avril précédent, portant concession au domaine de l'Etat des mines de sel gemme existant dans le département de la Meurthe et dans neuf autres départemens de l'Est (1), et réglant l'indemnité des inventeurs; l'ancien bail des salines de l'Est avait été résilié, et une nouvelle compagnie s'était rendue adjudicataire à la fois (comme le voulait la loi précitée), pour quatre-vingt-dix-neuf ans, de ces mines et de ces salines; elle devait entrer en jouissance le 1er. janvier 1826. Mais trouvant la mine de Vic inondée, et craignant que si elle entreprenait les travaux qui étaient nécessaires pour l'assécher, cet acte ne fût considéré comme un consentement implicite de sa part à l'accepter dans l'état de non-valeur où elle se trouvait momentanément; cette compagnie ne voulut rien tenter pour cela, et refusa même de prendre possession; plus tard elle transféra dans l'enceinte de la saline de Dieuze le siége de l'exploitation du sel gemme.

Cette circonstance divisera naturellement mon mémoire en deux parties : la première, qui traitera des opérations faites à Vic; et la deuxième, de celles que l'on a entreprises à Dieuze, et que l'on y poursuit encore actuellement.

---

(1) Le Bas-Rhin, la Haute-Saône, le Doubs, le Jura, la Meuse, la Moselle, le Haut-Rhin, les Vosges et la Haute-Marne.

PREMIÈRE PARTIE. — VIC.

§ I. *Historique des travaux.*

Parlons d'abord des sondages.

Cinq sondages ont été entrepris d'après les projets arrêtés par MM. de Gargan et Voltz, ingénieurs du département de la Meurthe, qui d'abord furent chargés de la direction des recherches de Vic, savoir : Sondages.

A *Rosières-aux-Salines*, petite ville située à 5 lieues S.-O. de Vic, sur la Meurthe;

A *Petoncourt*, village sur la Seille, à 2 lieues en aval de Vic;

A *Abondange*, 3 lieues N. de Vic;

A *Mulcey*, 2 lieues N.-E. de Vic, entre les salines de *Dieuze* et de *Moyenvic*;

A *Maizières*, 4 lieues S.-E. de Vic, et 2 lieues de la petite saline de *Lezay*.

Tous ces sondages, comme les premiers, ont été ouverts dans la formation des marnes irrisées, et comme eux ont presque exclusivement traversé, jusqu'au sel, des marnes et argiles avec du gypse. Tous ont atteint le sel gemme, excepté celui de Maizières, qui n'a rencontré que des argiles et des gypses salifères, bien qu'il ait été poussé à la profondeur de 132^{m}.9. Il est à remarquer que c'est celui qui s'approche le plus de la chaîne des Vosges. D'ailleurs, aucun n'a atteint la limite inférieure du dépôt salifère.

Je présente, dans un tableau ci-dessous, la coupe de ces trous de sonde, en y réunissant les trois trous percés primitivement à Vic (1).

(1) A l'aide de ces données et de nivellemens exacts

DÉSIGNATION des sondages.	Vic. 1er. sondage.	Vic aux olives.	Vic, dans la ville.	Rosières aux salines.	Petoncourt.	Abondange.	Mulcey.	Maizières.	OBSERVATIONS.
	m.	m.	m	m.	m.	m.	m.	m	
Profondeur jusqu'à la 1re. couche de sel.	65.1	73.3	76.4	66.8	92.5	121.3	50.»	»	Une source jaillissante d'eau douce a été rencontrée au sondage de Mulcey, à 13 mètres du jour. Elle a continué à couler pendant tout le travail.
Sel. — 1re. couche.	3.6	2.7	2.9	5.2	1.4	».7	9.1	»	
Intervalle.	1.2	».8	»	».8	1.8	2 2	1.3	»	
Sel. — 2e. couche.	3.2	»	»	».7	».6	1 »	9.1	»	
Intervalle.	1 »	»	»	1.6	».3	7.4	».7	»	
Sel. — 3e. couche.	14.1	»	»	3.4	3.1	6 5	12.»	»	
Intervalle.	1.6	»	»	29.7	».1	».7	1.3	»	
Sel. — 4e. couche.	3.»	»	»	»	10.9	»	2.3	»	
Intervalle.	».7	»	»	»	2.8	»	10.2	»	
Sel. — 5e. couche.	2.9	»	»	»	1.9	»	2.4	»	
Intervalle.	».7	»	»	»	3.9	»	3.»	»	
Sel. — 6e. couche.	9.1	»	»	»	3.7	»	»	»	
Intervalle.	»	»	»	»	1.9	»	»	»	
Sel. — 7e. couche.	»	»	»	»	2.4	»	»	»	
Intervalle.	»	»	»	»	2.4	»	»	»	
Profondeur totale . .	106.2	76.8	79.3	108.2	129.8	139.8	101.4	132.9	
Épaisseur totale du sel traversé.	35.9	2.7	2.9	9.3	24.»	8.2	34.9	»	

que je dois à l'obligeance d'un officier d'état-major, qui a été chargé dans ce pays-ci des opérations relatives à la carte de France, j'espère être à même de publier bientôt différentes coupes du bassin salifère de la Meurthe.

Le premier puits n°. 1 *ou* (*Villeneuve*) fut ouvert le 28 juin 1821, à 90 mètres N.-E. du premier trou de sonde et à 35 mètres S. de la route de Dieuze à Nancy. On lui avait donné la forme d'un carré de 2m.2 de côté, et il était parvenu à la profondeur de 31m.50, lorsque les cinq derniers mètres du boisage vinrent à s'affaisser, par suite de la nature ébouleuse du terrain délayé par les eaux qui y affluaient au volume de 15 mètres cubes environ par heure. Cependant, ce foncement avait donné des notions qui paraissaient indiquer que les différentes couches du terrain avaient une pente assez notable (10 mètres) du trou de sonde vers le puits, et que même les puissances de ces couches étaient plus grandes dans le second point que dans le premier, d'où il résultait que le puits était dans une position défavorable, à cause de la plus grande épaisseur qu'on aurait à fouiller pour atteindre le sel, et à cause de la plus grande profondeur dont on aurait probablement à élever les eaux. C'est pourquoi, après l'accident survenu, on eut à examiner si, au lieu de le réparer, il n'y aurait pas économie de temps et d'argent à foncer un autre puits sur le trou de sonde, et on se détermina pour ce dernier parti. Recherches par puits et galeries. Puits Villeneuve.

Le puits n°. 2 (*ou Becquey*) fut ouvert le 20 décembre 1821, non pas sur le trou de sonde lui-même, parce que les localités ne le permettaient pas, mais à 20 mètres environ au S.-E. de ce trou, et à 2m.64 au-dessus de son orifice. D'ailleurs on avait eu soin, au préalable, de le remplir de terre glaise bien battue et de béton. Sa forme et ses dimensions étaient les mêmes que celles du puits n°. 1. Puits Becquey.

Le 3 février 1822, on était déjà parvenu, sans trop de difficulté, à la profondeur de 27^{m}.1, lorsqu'un mineur, soulevant avec son pic un gros fragment de la roche du fond, donna issue à une source qui s'éleva rapidement dans le puits, et força les ouvriers à regagner le jour à la hâte. Les tentatives que l'on fit pour vider la fosse avec les tonnes, démontrèrent bientôt l'insuffisance de ce moyen, et toutefois elles servirent à faire voir que l'eau qu'on avait rencontrée ne provenait pas d'un amas, mais bien d'une véritable source, d'un *niveau*. L'affluence au fond était de 70 mètres cubes environ par heure : affluence telle qu'elle commandait impérieusement l'emploi du mode de boisage usité dans les puits des célèbres mines d'Anzin; mais, comme elle dépassait de beaucoup les moyens d'épuisement que l'on avait alors à sa disposition, force fut de suspendre les travaux, qui ne furent repris qu'au mois de mai suivant.

A cette époque, les recherches de Vic reçurent une autre organisation. Elles demandaient de la part des ingénieurs une action trop continuelle pour pouvoir rester annexées au service ordinaire du département, c'est pourquoi on en fit un service extraordinaire dont la direction fut remise à MM. Clère et R. Galle, auxquels je fus adjoint.

Nos prédécesseurs avaient procédé de la manière la plus rationnelle, quand on fait des recherches dans un terrain absolument vierge, comme l'était celui de Vic; c'est-à-dire qu'ils avaient augmenté successivement leurs moyens à mesure que les obstacles eux-mêmes allaient en croissant. Mais déjà, au puits n°. 1, ces premiers moyens, épuisement par tonnes, pompes à bras,

leur suffisaient à peine ; et ils avaient commandé deux corps de pompe en fonte de 0^{m}.33 de diamètre, en même temps qu'ils faisaient confectionner une machine à chevaux du genre de celle qui est décrite sous le nom de *manége à manivelle* dans le premier volume du journal des mines (1) et qui a été employée autrefois aux mines de Châtellaudren (Côtes du Nord). Cette machine ne devait être attelée que de quatre chevaux, mais on pouvait au besoin augmenter le nombre de ses bras de manière à y en placer douze et même vingt-quatre. Toutefois il était évident que s'il fallait aller jusqu'au point d'en employer un aussi grand nombre, le secours d'une machine à vapeur devenait bien plus commode et bien plus sûr, et peut-être aussi plus économique. Mais comme l'acquisition et l'installation d'une pareille machine aurait demandé beaucoup de temps, l'administration, qui avait à cœur de voir ce foncement arriver à son but le plus prochainement possible, désira que l'on fît une tentative avec le manége à manivelle, tout en s'occupant de l'achat de la machine à vapeur.

Mais avant tout, l'inspection des lieux nous fit reconnaître que l'on pouvait diminuer de près d'un tiers l'effort que la machine aurait à vaincre, en perçant à 8 mètres du jour une petite galerie d'écoulement dans laquelle les pompes viendraient dégorger. Cette galerie avait 171^{m}.7 de développement, sur quoi 88^{m}.2 souterrainement, et 83^{m}.5 à ciel ouvert, mais elle était tout entière dans un terrain assez tendre et tel

(1) N°. III, page 15, etc.

enfin que le percement total a coûté moins de 1,000 francs.

Ce travail fait, et tout étant disposé, on mit les pompes en jeu avec douze chevaux attelés, et cette tentative fut couronnée d'un tel succès, que l'épuisement ayant commencé le 4 août, le 9, on avait déjà approfondi le puits au-dessous des points d'où les eaux sortaient; une *trousse picotée* était déjà établie, le cuvelage élevé sur cette trousse jusqu'à la rencontre de l'ancien, et la partie de l'eau retenue. Le 15, une des pompes était enlevée, et le 22, après avoir assis une double trousse picotée à $2^m,2$ au-dessous de la première, et parachevé le calfatage, on avait également enlevé l'autre pompe, le puits était complétement étanché; *le niveau était passé*.

Ce premier pas franchi, le foncement fut poussé avec activité jusqu'au sel gemme et sans qu'on ait rencontré d'eau, si ce n'est entre les profondeurs de 38 et 41 mètres. Mais elle venait en si petit volume que les tonnes suffisaient à tenir le puits à sec pendant qu'on procédait à établir les picotages et cuvelages nécessaires pour la contenir.

Cependant, avec quelque précision que soit fait le cuvelage d'un puits; avec quelque soin que les joints soient calfatés, ces joints laissent toujours suinter des gouttes d'eau. Or, s'il importe dans tous les cas de ne pas laisser retomber cette eau au fond, tant pour éviter d'être obligé de l'extraire d'une plus grande profondeur, que pour que les travailleurs occupés à la poursuite du foncement n'en soient pas incommodés, cette précaution était commandée bien plus encore ici, qu'il s'agissait d'exploiter une matière susceptible

de se dissoudre dans ce liquide. C'est pourquoi on creusa sur le flanc sud-ouest du puits, vers la profondeur de 60 mètres, là où le terrain paraissait suffisamment compacte, un réservoir *r*, destiné à emmagasiner l'eau que recueillait une gargouille située à un niveau un peu plus élevé et communiquant par un trou de sonde avec le plafond de ce réservoir (*Pl.* I., *fig.* 3). Celui-ci, du reste, n'était autre chose qu'une galerie de 12 mètres de longueur, sur $1^{m}.75$ de large et $1^{m}.90$ de haut, fermée à sa partie antérieure par un *serrement* ou digue en bois. Ce serrement ne s'élevait pas jusqu'au plafond, parce qu'on avait voulu se ménager les moyens de pénétrer, au besoin, dans le réservoir. Il n'affleurait pas non plus au bord du puits, parce qu'on avait réservé en avant, un espace de 2 mètres environ de profondeur, pour y placer la tonne de vidange. Cette opération était rendue très-facile au moyen d'un robinet placé dans la poutrelle inférieure. La capacité du réservoir était de 30 mètres cubes environ et suffisait à emmagasiner l'eau pendant 20 jours.

Le 16 novembre, on atteignit le sel, à la profondeur de $67^{m},6$, et j'ajouterai immédiatement, pour n'avoir plus à revenir sur cette première période du foncement du puits Becquey, qu'il fut encore poussé jusqu'à $111^{m}.1$. Le cuvelage descendait jusqu'à $76^{m}.4$ et à partir de là le puits était taillé circulairement sur 3 mètres de diamètre. On avait d'abord espéré pouvoir se dispenser de revêtir cette partie, mais plus tard on la garnit d'un boisage octogonal, tant pour garantir les parois salées de l'érosion des filtrations supérieures, que pour soutenir l'argile schisteuse

salée (*salzthon*) qui forme les intervalles des bancs de sel, et qui est, en général, très-sujette à se déliter.

La série des couches traversées par ce percement à partir de la rencontre du sel est la suivante :

1re Couche de sel.	2m.	9d.
Intervalle.	1	5
2e. Couche de sel.	2	6
Intervalle.	»	7
3e. Couche de sel.	14	3
Intervalle.	1	3
4e. Couche de sel.	3	1
Intervalle:	»	8
5e. Couche de sel.	3	2
Intervalle.	»	4
6e. Couche de sel.	10	9
Intervalle (commencement).	1	8

On voit qu'on s'est arrêté à peu près au même point où s'était arrêtée aussi la reconnaissance faite par le premier sondage; mais un coup de sonde de 23 mètres donné au fond du puits a encore accusé trois autres couches de sel.

Ces différentes couches sont loin de présenter toutes la même qualité de sel, et cette qualité n'est pas non plus identique dans toute l'épaisseur d'une même couche. Tantôt, et c'est le plus souvent, le sel est gris verdâtre, coloré par de l'argile bitumineuse qui y est uniformément répandue; plus rarement il est tout-à-fait blanc et limpide; d'autres fois taché par cette matière rouge ayant l'éclat de la cire à cacheter, appellée *Polyhalite* (1); d'autres fois tout brouillé de salzthon. Mais ces

(1) M. Berthier a donné l'analyse de cette substance (Ann. des Mines, 1re série, tome X, page 261).

diverses espèces n'y sont pourtant pas distribuées au hasard, et elles occupent toutes des bandes parallèles (à de très-rares anomalies près), aux surfaces de séparation des couches, nettement séparées les unes des autres par des lignes qu'on peut dire planes (à voir la chose en grand), et s'éloignant peu de l'horizontalité; ce qui donne à la paroi du puits une disposition zébrée assez remarquable. En général, les couches n'offrent pas de beau sel près de leur toit ni près de leur mur, à cause de l'intime connexion qu'elles ont avec les bancs de salzthon contigus. Souvent il y a liaison d'une couche de sel à l'autre, établie par de petits filons de beau sel fibreux blanc ou couleur de feu qui coupent transversalement le salzthon.

Un fait remarquable et très-important particularise la première couche de sel : c'est qu'elle est très-nettement détachée de la roche qui lui sert de toit, si bien qu'il règne entre elles, sur tout le pourtour du puits et jusqu'à plusieurs décimètres de profondeur, un vide, un *hiatus* (pour mieux peindre la chose), qui donne naissance à un petit filet d'eau salée marquant 25° à l'aréomètre de Baumé. Cette roche n'est autre chose, sur une épaisseur moyenne de deux décimètres, qu'un agrégat de cristaux de chaux sulfatée (prismes hexagonaux symétriques terminés par deux biseaux), groupés et entre-croisés dans tous les sens, et dont quelques-uns dépassent cinq centimètres de longueur. Ces cristaux sont liés par une argile grisâtre qui y est peu adhérente et dont ceux qui forment immédiatement la lèvre supérieure de l'hiatus sont tout-à-fait dégagés, sans doute par l'effet de l'eau salée qui les lave incessamment. D'ailleurs, la surface supérieure de la couche de

sel paraît être sensiblement plane et s'éloignant peu de l'horizontalité. La rencontre de cette petite source salée a nécessité l'établissement d'une gargouille qui conduisait les eaux dans une tonne placée dans une excavation *t* pratiquée *ad hoc* dans la deuxième couche de sel.

Recherches par galeries.

La reconnaissance faite par le sondage et confirmée par le percement du puits indiquait la troisième couche, puissante de plus de 14 mètres, comme l'une de celles qui pouvaient par la suite être exploitées le plus fructueusement. C'est là qu'on commença les premières recherches par galeries, pendant que d'un autre côté on poursuivait l'approfondissement du puits. Ces recherches devaient être combinées de manière à ce qu'elles pussent se coordonner au besoin avec l'exploitation future, et de telle sorte aussi que l'air et les ouvriers pussent pénétrer dans tous les ouvrages avec facilité et sécurité. Or, le projet présenté à cet effet par M. l'ingénieur en chef Clère, consistait :

I. A pousser immédiatement sur le mur de la troisième couche, débouchant sur la face sud-ouest du puits, et, perpendiculairement à cette face, une galerie E, *fig.* 3, de 2m.5 de haut et de large, suivant exactement l'inclinaison du mur.

II. A pratiquer, depuis la partie supérieure de la première couche jusqu'à la galerie E, une suite de *descenderies* combinées de telle sorte, qu'elles devaient atteindre le haut de la troisième couche en un point *q*, distant de 10 mètres environ des faces du puits.

III. A pousser de ce point *q*, sous les mêmes direction et inclinaison que la galerie E, une au-

tre galerie A, *fig.* 5, de 2 mètres de hauteur et de largeur, embrassant une zone qui avait été reconnue dans le puits pour être très-belle, et laissant encore au-dessus d'elle, jusqu'au toit, une épaisseur de sel de 2^m.5.

IV. A percer de 22 mètres à 22 mètres, à mesure que les travaux prendraient du développement, des cheminées inclinées ou *burtias* pareils à D, *fig.* 3 et 5, pour mettre en communication les deux étages de la deuxième couche. Ces cheminées, devant avoir 2 mètres de large sur 1^m.50 de haut, et être divisées par une cloison en deux compartimens : le premier, pour recevoir une échelle : le second, par où on aurait jeté le sel de la galerie supérieure dans celle du bas, destinée à servir de *place d'accrochage*.

V. La descente des ouvriers était rendue indépendante de la machine d'extraction de la manière suivante :

1°. Par une échelle appliquée dans un petit puits de 5^m.5 de profondeur, situé à 32 mètres environ du puits principal, et aboutissant à la galerie d'écoulement, au creusement de laquelle il avait servi, *fig.* 2 ;

2°. Par cette même galerie d'écoulement, jusqu'à son embouchure dans le puits ;

3°. A partir de ce point jusqu'à la première couche de sel, par une série d'échelles fixées verticalement contre le boisage du puits *fig.* 3 ;

4°. De la première couche à la partie inférieure de la troisième, par les descenderies dont il a été parlé plus haut.

Les échelles établies dans le puits devaient être isolées dans un compartiment *g*, appelé *goyau*, formé par des madriers bien jointifs et calfatés,

cloués sur le boisage et supportés eux-mêmes de distance en distance par des chevrons plus forts destinés à soutenir des paliers de repos. Ce goyau devait être fermé supérieurement et inférieurement par une sorte de cul-de-lampe.

VI. Quant à l'airage, l'air devait entrer dans la mine, et pénétrer jusqu'au point le plus bas des travaux, en suivant absolument le même chemin que les ouvriers, pour remonter ensuite par la capacité principale du puits; et pour cela il était appelé par un foyer allumé au jour, dans une petite cheminée qui avait été construite pour cet usage dans l'origine du foncement, et dont l'action se prolongeait dans la profondeur, à l'aide d'un de ces conduits en bois, dits *carnets* ou *canards* (1).

Du reste, il va sans dire que l'on devait faire usage de ces canards et de *portes battantes*, de la façon qui est indiquée au mineur, pour conduire son air selon que l'exige la disposition de ses excavations.

Le 6 mars 1824, on attaqua simultanément la galerie E de la troisième couche, et le percement *a* de la première. Ce percement était pris dans la partie supérieure de la couche sur 1^{m}.5 de hauteur et de largeur; sa direction était brisée, comme on le voit sur la *fig.* 4; et son inclinaison descendante, calculée de telle sorte, qu'elle devait aller atteindre l'intervalle de la première à la deuxième couche, avec un développement de 18 mètres à peu

---

(1) Plus tard on a été obligé de changer cette disposition, et d'adopter l'inverse, en faisant souffler l'air frais par le puits, et mettant le goyau en communication avec le foyer.

près. Il était déjà poussé à 14^m.7 lorsque l'eau saturée, dont un petit filet avait déjà apparu dans le puits au toit de la première couche (ainsi que je l'ai fait remarquer), et qui avait continué à suinter au plafond de la galerie durant les trois premiers mètres, se fit jour à ce même plafond, mais avec un volume beaucoup plus notable. C'était en un point où la couche paraissait comme brouillée, et semblait subir un rétrécissement, puisque la galerie, qui n'avait pourtant que 1^m.5 de hauteur, touchait à la fois et son mur et son toit. Ce qui est digne de remarque, c'est qu'on observait là un vide entre le sel et la roche supérieure, ainsi que cela s'était présenté dans le puits. Cet accident décida la suspension de ce percement, et on chercha à arrêter cette eau à l'aide de différens serremens, mais dont aucun n'eut une réussite complète. Finalement, cette galerie fut convertie en un réservoir (comme celui qui avait été pratiqué plus haut pour les eaux douces), dont la vidange s'effectuait au moyen d'un robinet communiquant par un boyau en cuir, avec la tonne placée en *t* dans la deuxième couche, et dont il a déjà été fait mention. L'affluence était de 126 litres par heure, et n'a jamais varié. La capacité du réservoir suffisait pour quatre ou cinq jours.

Cette circonstance nécessita une modification au plan qui a été exposé ci-dessus. On continua le goyau jusqu'en *t*, et, à partir de là, on pratiqua la descenderie en escalier *o*, *fig.* 3 et 5, pour aller aboutir au point *q* de la troisième couche. A cela près, toutes les parties de ce plan reçurent successivement leur exécution.

Cependant on avait continué l'approfondissement du puits, et on avait poussé aussi des gale-

ries d'exploitation dans la cinquième et la sixième couches, dirigées l'une et l'autre sur le puits projeté n°. 3, dont il sera parlé plus bas. Une descenderie en escalier *u* établissait la communication de la galerie E à la cinquième couche.

Or, il résulte de l'ensemble de ces reconnaissances, que ces bandes parallèles aux surfaces de séparation des couches, que j'ai signalées dans le puits, se montrent encore avec la même allure sur les parois des galeries, en sorte qu'elles forment pour ainsi dire les strates de ces couches. Et ce qu'il importe de remarquer, c'est que dans un même strate le sel présente constamment la même qualité ou la même variation dans les qualités.

Exploitation provisoire.

Il résulte en outre, du percement E poursuivi sur le mur de la troisième couche, que ce mur va en montant de 5 à 6 degrés à partir du puits; mais que ce n'est pourtant pas dans cette direction qu'a lieu sa plus grande pente, qui ne paraîtrait pas trop s'éloigner de la ligne S.-S.-O.—N.-N.-E.

Les travaux souterrains que l'administration des mines faisait exécuter ne suffisaient pas pour faire apprécier la valeur de la découverte de Vic, il fallait encore que les produits fussent soumis au commerce; c'est pourquoi le ministre des finances arrêta, le 13 juin 1823, qu'une vente expérimentale serait faite par la compagnie Thonnellier, et que pour cela la mine de Vic serait mise en exploitation provisoire.

Par suite de cette disposition, toutes les galeries autres que A (dans l'étage supérieur de la troisième couche) furent provisoirement délaissées, et on en ouvrit de nouvelles dans cet étage, perpendi-

culairement à la première. On leur donna 5 mètres de large et $2^m.8$ de haut, de sorte qu'il restait $1^m.7$ de sel au-dessus de leur plafond. La galerie A reçut aussi ces dimensions. Pour régler l'inclinaison de ces galeries, on se servait, à défaut du toit et du mur qui n'étaient pas à découvert, de ces lignes parallèles que j'ai déjà signalées. La galerie A, comme E, allait en montant en s'éloignant du puits. Quant aux traverses, celles qui étaient à gauche de A montaient, celles qui étaient à droite descendaient.

Il avait été décidé, dès le principe, que les recherches se feraient à l'aide de deux puits, mais que le second ne serait entrepris qu'après que le percement du premier aurait déjà fourni des lumières sur le gisement. L'administration ayant jugé que ce moment était arrivé, on décida que ce puits (n°. 3 *ou puits neuf*) serait placé en un point au sud-est du puits Becquey, distant de ce puits de $121^m.8$, et dont le niveau était élevé de $7^m.40$ au-dessus de son embouchure. Puits neuf.

On attaqua ce puits le 1er. septembre 1823, en lui donnant la forme d'un octogone, tel que le diamètre du cercle inscrit portait $2^m.5$ entre boisage. En même temps, on installait, par précaution, le manége à manivelle, et on perçait à $15^m.4$ de l'orifice du puits une galerie d'écoulement destinée à aller rejoindre celle du puits Becquey. Celle-ci était tout entière creusée souterrainement sur une longueur de $115^m.5$; on l'attaquait à la fois par les deux extrémités et par deux petits puits intermédiaires, l'un de 10 mètres et l'autre de $12^m.5$ de profondeur.

On rencontra fort peu d'eau en commençant ce foncement, et on avait déjà dépassé le banc de

roche d'où avait jailli *le niveau* au puits Becquey, lorsque le 26 novembre, à la profondeur de 38^{m}.2, une source très-abondante se fit jour du fond et envahit rapidement toute la capacité du puits jusqu'à 16^{m}.6 de son orifice, hauteur où elle se tint ensuite constamment à quelques oscillations près, et qui correspondait à celle où s'étaient tenues précédemment les eaux du puits Becquey. On se hâta alors de disposer les pompes; douze chevaux attelés au manége furent insuffisans et on en mit vingt-quatre. Avec ces moyens, on put creuser jusqu'à 40^{m}.1, mais pas au delà, et ce n'était pas assez pour dépasser la source principale. Mais comme une partie de l'eau venait aussi de crevasses latérales situées un peu au-dessus du fond, on voulut essayer de retenir au moins cette partie avec une trousse picotée. On l'arrêta; mais l'effet ne fut qu'instantané, et cette eau ne tarda pas à aller se réunir à la source principale qui jaillissait du fond par un trou qui avait plus de 1^{m}.33 de profondeur, et de telle largeur, qu'on y pouvait passer le bras facilement. C'était dans une roche grisâtre assez dure, mélangée de gypse (peut-être anhydre) et d'argile, et traversée par des veines remplies d'une argile noirâtre sans consistance; l'eau se faisait jour en entraînant cette argile. Dans cet état de choses, on suspendit les travaux le 18 mars, et on s'occupa des moyens de les reprendre avec le secours d'une machine à vapeur. Le volume de cette eau paraissait être de 190 mètres cubes environ par heure.

Cependant, au mois d'octobre, la mine n'était pas encore pourvue de cette machine. Il était pourtant important de ne pas laisser passer le moment des plus basses eaux sans tenter de nouveau l'épui-

sement. C'est pourquoi, étant chargé alors de la direction des travaux, je demandai que l'on fît encore un essai avec le manége, en attendant l'arrivée de la machine à vapeur. Mais, en considérant que dans le dernier essai les chevaux étaient tenus constamment au grand trot, et qu'on tire de ce moteur un parti d'autant moins avantageux que l'on excède davantage sa vitesse ordinaire, je me proposai de diminuer cette vitesse sauf à augmenter l'effort. C'est pourquoi je substituai aux pompes en fonte de 0^{m}.33 deux pompes en cuivre de 0^{m}.50 auxquelles j'en ajoutai encore deux autres de 0^{m}.20. Par suite de cet accroissement de l'effort exercé, le nombre des chevaux fut porté à 36, dernière limite que comportait la construction de la machine. L'épuisement fût donc tenté avec ce nouvel appareil, et, après bien des fractures inévitables avec une pareille machine, le but fut enfin atteint. Le 25 avril 1825, trois trousses à picoter étaient posées au-dessous de la source; il n'y avait plus d'eau que pour une seule pompe de 0^{m}.20; le niveau était passé (1). Alors on se remit à foncer; mais le 1er. mai, on rencontra un petit filet d'eau. Une double trousse l'arrêta et acheva d'étancher complétement le puits; on enleva la pompe. Mais un peu plus bas, le 18 mai, un nouveau filet d'eau, plus fort que le premier, se fit jour sous la der-

(1) En partant des dimensions des pompes et du nombre de tours que faisait la machine dans les momens où le puits était tenu à peu près à sec, et où par conséquent la dépense était égale à la recette, on trouve que l'affluence était de 5^{m}.868 par minute, ou par heure 350 mètres cubes; mais il est évident qu'une évaluation ainsi faite est un *maximum*.

nière troussse, et le 23, un coup de pic fit jaillir une source très-abondante que l'on essaya en vain de maîtriser en tamponnant le trou qui lui donnait issue, mais qui força bientôt les ouvriers à évacuer le fond. On avait creusé alors 5^{m}.9 depuis la reprise des travaux, en sorte que le puits avait 46 mètres. Après plusieurs essais infructueux, il fallut en venir à remonter notre grand appareil d'épuisement, qui lui-même à son tour échoua complétement. On parvenait bien à mettre le puits à sec, mais non pas à l'y maintenir de manière à ce qu'on pût y travailler. Cependant je pus calculer que le volume d'eau n'était pas plus grand que celui que l'on avait dompté un mois auparavant; mais la hauteur de la colonne d'ascension était augmentée dans le rapport de 25 à 30. Quoi qu'il en soit, dans un des courts instans pendant lesquels le puits fut à sec, je pus reconnaître l'état de choses suivant. Les parois du puits consistaient en un gypse, sans doute en partie anhydre, criblé de fentes et de crevasses remplies d'une terre rougeâtre tout-à-fait dégagrégée et excessivement fine. Toutes ces crevasses portaient sur leurs bords la trace évidente de l'érosion des eaux et étaient tapissées de cristaux de chaux sulfatée. Toutes donnaient de l'eau, mais l'une surtout, qui mérite plutôt le nom de caverne, et du plafond de laquelle jaillissait la principale source sous un volume égal à peu près à celui du corps d'un homme.

En comparant ce nouveau volume d'eau avec celui du premier niveau, on trouve, ainsi que je l'ai dit, qu'il y a égalité. Si l'on remarque en outre que dans les deux cas l'eau s'est tenue à la même hauteur dans le puits, et si l'on fait attention à l'accroissement progressif qu'a reçu la nouvelle

source, se réduisant d'abord à un simple filet, puis augmentant peu à peu à mesure que le creusement du puits fournissait aux eaux de nouvelles issues à travers les crevasses du gypse, et à mesure que la pression continue qu'elles exerçaient sur leurs canaux souterrains agrandissait davantage ces canaux, on est conduit à conclure que les dernières eaux ne sont autres que celles du premier niveau, qui, repoussées par le boisage, se sont frayé une nouvelle voie pour regagner le puits.

Quoi qu'il en soit, il demeurait désormais bien établi qu'il n'y avait plus rien à tenter sans le secours d'une machine à vapeur.

Suite des travaux du puits Becquey.

Pendant ce temps là on poursuivait au puits Becquey l'exploitation provisoire de la troisième couche au moyen des galeries qui ont été nommées plus haut et d'autres nouvelles percées suivant les deux mêmes directions précédemment adoptées, savoir : G, G′, H, H′, K, K′, *fig.* 5 et 6. Le percement était spécialement destiné à aller rejoindre le puits neuf qui n'en était qu'à 47 mètres.

Suivant le plan qui a été développé plus haut, toutes les matières abattues dans l'étage supérieur de la troisième couche devaient être jetées par le burtias D, dans la galerie E de l'étage inférieur, pour de là être roulées au bord du puits et être chargées dans les tonnes. Cette disposition, qui pouvait convenir pour exploiter (comme c'était projeté dans le principe) la couche dans toute son épaisseur, ne s'appliquait plus qu'avec désavantage, alors que l'exploitation provisoire était concentrée dans l'étage supérieur; car il en résultait double dépense pour le roulage et le brisement du sel : inconvénient d'autant plus à éviter pourtant, que le plus pur est en même temps le plus fragile.

Pour remédier à cet état de choses, je proposai d'établir un *accrochage* au niveau même de l'étage en exploitation, et pour cela de pousser une galerie P, *fig* 3 et 5, allant déboucher dans le puits, immédiatement au-dessus de E.

Reprise du foncement.

L'exploitation n'avait été provisoirement établie dans la région supérieure de la troisième couche, qu'à cause de la nécessité où on s'était trouvé de fournir aux besoins de la vente expérimentale ordonnée par le ministre. Mais, il était bien évident que l'on ne pourrait déterminer en connaissance de cause où et comment cette exploitation devrait se faire définitivement, tant que l'exploration dans la profondeur n'aurait pas été achevée, en poursuivant l'approfondissement du puits. C'est pourquoi je pensai qu'il était urgent de s'occuper de ce travail, qui toutefois devrait être ordonné de telle sorte qu'il n'entravât pas l'exploitation courante, et qu'il pourvût suffisamment à la sûreté des travailleurs du foncement. On atteint ce but dans les mines du nord de la France au moyen de ce qu'on appelle un *percement sous stok* (1), et l'artifice que je proposai était une imitation de ce procédé. Ici, seulement, le *stok* était artificiel, et consistait en un échafaud de madriers de 0^m.07 établis sur quatre sommiers de chêne de 0^m.30, entrant dans le terrain de 0^m.40, et recouverts de 0^m.50 de terre glaise destinée à amortir encore la chute des tonnes, le cas échéant. Cet échafaud *n*, comme on le voit, *fig.* 3, divisait le puits en deux parties tout-à-fait indépendantes l'une de l'autre, communiquant seulement, pour le re-

(1) Richesse minérale, tome 2, page 159.

nouvellement de l'air, par un canard qui traversait l'échafaud. Quant à l'extraction des matières, elle devait se faire au moyen d'un treuil à bras établi au niveau de la galerie de la 5me. couche où on devait les déposer provisoirement.

A l'aide de cet artifice le puits, pris à la profondeur de 3^{m}.1. fut poussé jusqu'à 111^{m}.1; c'est-à-dire qu'on le fonça de 48^{m}.2, sur quoi il fallut encore boiser 22^{m}.9, en sorte que le puits était garni de cadres de boisage contigus jusqu'à la profondeur de 134 mètres. C'est au mur de la 12me. couche qu'on cessa le foncement, qu'il devenait désormais très-difficile de pousser plus avant; mais on donna encore un coup de sonde de 9^{m}.7, de manière que l'exploration a été faite, jusqu'à la profondeur de 169 mètres, sans qu'on ait atteint la limite du gîte. La 12me couche, qui avait 14^{m}.5 d'épaisseur, présentait, dans ses 5 derniers mètres, un sel de qualité telle qu'on pouvait en espérer une exploitation fructueuse; c'est pourquoi j'y fis ouvrir une galerie de reconnaissance, après avoir, au préalable, fait établir un *goyau* provisoire à partir de la 5me couche jusqu'au fond, pour assurer la descente de l'air et des ouvriers.

En rapprochant les résultats fournis par ce travail de ceux qu'a donnés la première période du foncement, on a la coupe entière du puits Becquey comme il suit :

	m. d.		m. d.
Profondeur jusqu'au sel. . . .	67.6		
Sel. — 1re. couche.	2.9	Ci.	2.9
Intervalle.	1.5		
Sel. — 2e. couche.	2.6	Ci	2.6
Intervalle.	».7		
Sel. — 3e. couche	14.3	Ci	14.3
Intervalle.	1.3		
Sel. — 4e. couche	3.1	Ci	3.1
Intervalle.	».8		
Sel. — 5e. couche	3.2	Ci	3.2
Intervalle.	».4		
Sel. — 6e. couche	10.9	Ci	10.9
Intervalle.	2.4		
Sel. — 7e. couche	2.1	Ci	2.1
Intervalle.	3.5		
Sel. — 8e. couche	1.»	Ci	1.»
Intervalle.	5.8		
Sel. — 9e couche.	2.1	Ci	2.1
Intervalle.	4.4		
Sel. — 10e. couche.	3.»	Ci	3.»
Intervalle.	3.2		
Sel. — 11e. couche.	5.3	Ci	5.3
Intervalle.	2.7		
Sel. — 12e. couche.	14.5	Ci	14.5
Profondeur totale du puits. . .	159.3	Épaisseur totale	
Intervalle traversé par le sondage.	9.7	du sel traversé.	65.»
Profondeur totale explorée. . .	169.»		

Inondation du puits Becquey. L'exploitation se poursuivait dans la 3me. couche, lorsqu'un petit filet d'eau salée se montra, le 6 octobre, au plafond de la galerie K′, sortant par des orifices presque capillaires de différens points d'une veine très-mince d'argile schisteuse peu consistante, transversale à la stratification. On essaya d'abord, mais en vain, de chasser de très-petits picots à travers cette argile; l'eau se rejetait immédiatement un peu plus loin. Quoi qu'il en soit, cette source se régla promptement

à 80 hectolitres environ par 24 heures, volume qu'elle conserva sans variation pendant 2 mois. L'eau qui en sortait était saturée comme celle qu'on avait rencontrée 3 ans plus tôt au toit de la 1re. couche. Or, en joignant à cette circonstance: que le plafond de K′ n'était qu'à 9m.4 de ce toit, tandis qu'il était séparé par une épaisseur au moins quintuple de la masse d'eau douce du *niveau*, qui d'ailleurs n'avait jamais semblé influencer cette source de la 1re. couche; il me parut naturel d'attribuer la même origine à celle-ci et à celle de la galerie K′, d'admettre que l'une n'éprouverait pas plus de variation que l'autre dans son volume, et finalement de traiter la dernière comme on avait déjà traité la première. Je fis donc convertir la taille G en un réservoir où l'eau arrivait au moyen de petits chenaux partant de K′, et d'où elle sortait par un trou de sonde de 25 mètres environ qui allait aboutir à l'accrochage de la galerie P; en sorte que le chargeur, de sa place même, en tournant simplement un robinet, opérait la vidange du réservoir dans la tonne.

Ce travail venait d'être terminé lorsqu'en rentrant dans la mine, le 6 décembre au matin, après un chômage de deux jours, occasioné par la fête des mineurs, on trouva le réservoir débordé; le plafond de la galerie K′ s'était un peu affaissé malgré les étais qu'on y avait mis par précaution; le volume de l'eau avait considérablement augmenté; il était de 900 hectolitres par 24 heures (1). Je fis sur-le-champ renforcer

(1) L'affluence au réservoir de la première couche, mesurée ce même jour, n'avait pas varié.

les boisages, et tout disposer pour établir un serrement vertical S_1 en travers de la galerie. Mais cette galerie avait 5 mètres de large, et il aurait fallu des bois trop forts pour une pareille portée; c'est pourquoi je me décidai pour un serrement *busqué* formé de pièces de $0^m.33$ encastrées et fortement picotées dans le terrain. Dès lors on poussa cet ouvrage sans relâche; dans la nuit du 9 au 10, l'affluence de l'eau augmenta; elle augmenta encore le lendemain; mais alors on s'aperçut avec surprise que cette eau, loin d'être saturée comme précédemment, marquait partout les traces de son passage et qu'elle détériorait les picotages au fur et à mesure qu'on les faisait. On ne perdit pourtant pas courage; mais cet accident annonçait une catastrophe prochaine, et en effet, le 11 à 3 heures du matin, il se fit une grande crevasse au plafond et l'eau envahit bientôt les galeries; alors je donnai l'ordre d'évacuer les travaux. Faisons remarquer immédiatement que lorsque l'eau fut devenue stationnaire dans le puits, elle se tenait à $8^m.5$ au-dessous de l'embouchure, c'est-à-dire à la même hauteur où se tenaient les eaux du *niveau* traversé en 1822 au puits Becquey. Ce fait, rapproché de ces autres circonstances, savoir : que l'eau n'était plus saturée du moment où elle a coulé en très-grande abondance, et que d'ailleurs la source salée de la 1re. couche n'a pas varié, me laisse la conviction que c'est le niveau qui s'est fait jour jusqu'à la galerie K′ à travers 45 mètres environ de terrain, en suivant sans doute le *déjoint* d'une veine ou d'une succession de veines d'argile schisteuse. D'ailleurs, il est bien évident que les masses d'eau qui pressent sur les deux puits dérivent de la même

origine; et il y a communication entre elles, puisqu'aussitôt que la source de K' est devenue très-abondante, le niveau de l'eau dans le puits neuf s'est abaissé de 5 mètres, pour revenir ensuite peu à peu à son état primitif, en même temps que le niveau montait aussi au puits Becquey. Sans doute cette communication n'est pas parfaitement libre; mais un épuisement long-temps continué aurait probablement pour effet de la rendre telle et d'établir l'égalité entre les volumes d'eau affluant des deux parts.

Considérations générales sur le cuvellement

L'accident que je viens de décrire est donc du même ordre que celui qui a occasioné la suspension des travaux du puits neuf. L'un et l'autre sont la conséquence du *cuvellement*, par suite duquel les eaux, empêchées de couler par les issues qu'elles s'étaient d'abord faites, ont réagi de toute leur pression sur les parois qui les emprisonnaient; et, ayant fini par s'en créer de nouvelles, se sont précipitées au puits neuf, dans la partie de ce puits qui n'était pas encore cuvelée, au puits Becquey, dans des tailles d'exploitation qui ne devaient jamais l'être. On a coutume de dire que le cuvellement remet toutes choses dans l'état où elles étaient avant le percement du puits. Cette proposition, sans doute, a été émise en vue des mines d'Anzin, où les *picotages* sont assis sur une épaisse couche (18 mètres) d'argile grasse (*dièye*), dont l'imperméabilité est absolue, et qui par son interposition rend les terrains du dessus et du dessous complétement indépendans les uns des autres. Mais, prise dans le sens général, elle n'est point exacte, et elle ne saurait l'être qu'à une condition impossible, à savoir: que toutes les excavations quelconques pratiquées dans la

mine fussent défendues de la même manière que l'est le puits lui-même dans le *niveau*. Disons, au contraire, que le cuvellement pratiqué dans un terrain qui n'est qu'imparfaitement imperméable, laisse en péril d'inondation toutes les excavations non cuvelées. Il est bien vrai que ce péril est d'autant moins grand que l'on réserve une plus grande épaisseur de terrain intact entre ces excavations et les derniers picotages; mais qu'on se souvienne qu'au puits Becquey cette épaisseur, qui était de plus de 45 mètres, n'a pourtant pas suffi.

Faut-il conclure de là que cet ingénieux procédé, sans lequel on peut dire que les mines d'Anzin n'existeraient pas, doive être proscrit dans toutes les localités que la nature n'a pas aussi avantageusement partagées que celle-là? Non, sans doute. Mais il faut ici distinguer deux cas: 1°. selon que la masse d'eau qui afflue dans le puits est telle que son épuisement continu entraînerait des dépenses que couvrirait à peine le produit de la mine; 2°. selon qu'il ne s'agirait au contraire que d'un épuisement peu coûteux. Dans le premier cas, auquel se rapporte la mine de Vic, il n'y a évidemment pas à balancer, et il faut tenter le cuvellement, quelle qu'en puisse être par la suite la conséquence. Mais, pour le second cas, il me semble qu'il y a au moins à hésiter, et je crois que plus d'un sage exploitant préférerait supporter de modiques frais d'épuisement plutôt que de s'exposer à voir les eaux pénétrer dans ses travaux à des niveaux plus bas, et peut-être dans des tailles où il serait fort difficile de les retenir, sauf à avoir recours au cuvelage, si la continuité de l'épuisement amenait, comme cela

arrive assez souvent, une grande augmentation dans le volume de l'eau, et faisait ainsi rentrer son exploitation dans le premier cas que j'ai examiné. Appliquant ces considérations à une mine de sel, on dira qu'en laissant librement couler l'eau, pour échapper au danger résultant de la pression, on tombe dans un autre : celui des éboulemens que peuvent occasioner les vides produits dans le terrain par la lixiviation incessante de ses parties salées. Ce danger, en effet, ne peut pas être plus révoqué en doute que le premier ; mais j'avoue qu'il me paraît bien difficile de prononcer, en général, lequel entre ces deux écueils doit être le plus soigneusement évité. Sans doute, dans chaque cas particulier, quelque circonstance se rencontrera pour entraîner la balance soit d'un côté soit de l'autre.

Aussitôt après l'accident, je dus m'occuper d'étudier les moyens de le réparer en asséchant la mine. Or, voici le projet auquel je m'arrêtai. Plan proposé pour remettre l'exploitation en activité.

1°. Établir sur le puits neuf une ou, préférablement, deux machines à vapeur représentant la force de 110. chevaux (1);

---

(1) Dans mon rapport, j'avais dit 135; mais depuis j'ai été à même de rectifier le calcul, comme il suit : suivant M. Clément, dans les bonnes machines à vapeur employées à l'épuisement, le cheval produit dans une heure 265 unités dynamiques (équivalant chacune à 1 mètre cube d'eau élevé à 1 mètre de hauteur). Ici le travail à faire par heure consiste à élever de 70 mètres de haut 350 mètres cubes d'eau salée saturée, et pesant par conséquent 1200 Kil. par mètre cube. La force de la machine exprimée en chevaux est donc $\frac{350 \times 1200 \times 70}{1000 \times 265} = 110.$
S'il s'agissait seulement de passer le niveau du puits

2°. A l'aide de ces machines, passer le *niveau* rencontré dans ce puits, et pousser le foncement jusqu'à 70 mètres environ à la hauteur des galeries supérieures de la 3me. couche;

3°. Allonger l'équipage de pompes, ou plutôt en établir deux en répétition l'un au-dessus de l'autre, de manière à atteindre jusqu'au fond du puits;

4°. Pousser, de ce fond, dans la direction de la galerie K', et en s'éclairant toujours avec la sonde, un petit *boyau b*, *fig.* 5, de 13m.4 de longueur environ, pour atteindre les ouvrages inondé et amener leurs eaux dans le puits d'épuisement;

5°. L'épuisement étant fait jusqu'à fleur du sol du boyau, pénétrer dans les galeries par ce boyau et faire en *d* une digue pour que tout le produit de la source arrive sur le puits neuf, et que les eaux du puits Becquey ne reçoivent plus d'accroissement;

6°. Vider, au moyen du manége à molettes établi sur ce puits et à l'aide des tonnes, toute l'eau contenue dans les galeries de la troisième couche, de manière à pouvoir pénétrer par ce côté dans la galerie K';

7°. Ce résultat étant obtenu, achever le serrement busqué commencé en S_1, en exécuter trois autres pareils en S_2 S_3 S_4 et un droit à l'entrée du boyau en S_5, en ayant soin de remplir de mortier hydraulique tout l'espace compris entre S_1 et S_4. Le point essentiel était que les picotages fus-

---

neuf, l'ouvrage à faire par heure serait d'élever 350 mètres cubes d'eau douce de 32 mètres de haut, et le nombre des chevaux nécessaires serait exprimé par $\frac{350\times32}{265}=42$.

sent exécutés du côté même où s'exerçait la pression, c'est-à-dire de dedans en dehors. On y serait parvenu en ménageant dans le serrement une ouverture par où les ouvriers seraient sortis après avoir mis la dernière main à l'ouvrage, et qui aurait ensuite été fermée de dedans en dehors par un tampon cunéiforme. Les serremens 3 et 4 n'étant, en quelque sorte, qu'une seconde défense, mon intention était de laisser vide l'espace compris entre eux et S_1, afin que l'on pût aller vérifier souvent l'état de ce dernier et le réparer au besoin.

La pensée de ce projet, c'est le foncement du puits neuf et l'assèchement simultané du puits Becquey, en n'établissant de machines à vapeur que sur une seule de ces deux fosses, ce qui, dans les dépenses de l'épuisement, réduit autant que possible la part afférente à la dernière inondation. On sent d'ailleurs pourquoi il était plus avantageux de monter ces machines sur la première que sur la seconde.

Ce projet fut soumis, le 26 décembre, au conseil général des mines qui y donna son approbation, en y ajoutant l'utile précaution de remplir de sel menu l'espace compris entre le fond de la galerie K' et le premier serrement. M. le directeur général des mines me transmit cette approbation le 9 janvier suivant, mais en me prévenant qu'il ne pouvait pas donner à ce projet la sanction exécutoire, la gestion de la mine de Vic ayant cessé de lui appartenir depuis le 1er. janvier, jour fixé pour l'entrée en jouissance de la nouvelle compagnie adjudicataire. J'ai exposé d'ailleurs, dans l'introduction, comment cette compagnie n'avait voulu s'immiscer en rien dans les tra-

vaux nécessaires pour opérer l'asséchement de la mine, qui par ces causes est restée délaissée.

Telle est l'histoire des travaux que l'administration des mines a fait exécuter à Vie par ses ingénieurs, de 1821 à 1825, pour la reconnaissance et l'exploitation du sel gemme découvert par la compagnie Thonnellier. On a dû voir que les difficultés ne leur ont pas manqué.

Produit de l'exploitation.

On peut se faire une idée par l'examen de la *fig.* 5, du développement qu'ont reçu les différentes galeries percées dans le sel. J'ajouterai, pour compléter ces données, que la quantité totale du sel abattu s'est élevée à 225,000 quintaux métriques répartis ainsi qu'il suit :

Sel vendu pour être consommé immédiatement à l'état *gemme*.	35466.
Sel raffiné dans l'établissement ou vendu pour être raffiné.	132550.
Rocs salifères laissés dans la mine en remblais.	50000.
Déchet probable éprouvé par le sel sur les *Haldes*.	6984.
Égalité.	225000.

D'après cela, la proportion du sel propre à être consommé à l'état *gemme* ne serait que de 16 pour 0/0 environ de la totalité. Mais en n'ayant égard qu'à l'étage supérieur de la troisième couche, et en considérant qu'une grande partie du sel livré au raffinage n'avait pas été soumis au dernier triage, on peut évaluer cette proportion à 25 pour 0/0.

(*La suite à une prochaine livraison*).

Explication de la planche Ire.

Fig. 1. Carte des sondages.

Fig. 2. Plan superficiel de la mine de Vic.

1. Puits Villeneuve.
2. Puits Becquey.
3. Puits neuf.
4. Trou de sonde.
5. Cheminée et puits d'airage.
6. Galerie d'écoulement du puits Becquey.
7. Petit puits percé pour le creusement de ladite galerie et servant de puits de descente.
8. Galerie d'écoulement du puits neuf.
9. Petits puits qui ont servi au creusement de 8.

Fig. 3. Coupe verticale destinée à faire voir principalement la construction du puits Becquey et les dispositions relatives à la circulation de l'air et des ouvriers, et secondairement, la constitution du terrain. C'est pourquoi on n'a figuré ce terrain que là où il n'empêche pas d'apercevoir les ouvrages excavés. Ces ouvrages sont indiqués par le blanc du papier, sauf la descente qui est teintée en jaune. Le défaut d'espace n'a pas permis de représenter le puits tout entier autrement que par trois bandes parallèles qu'il faut supposer placées dans le prolongement les unes des autres, de la manière qui est indiquée par les renvois que porte la figure.

2. Puits.

6. Galerie d'écoulement servant à la descente.

f. Trousses picotées.

h. Trousses servant de gargouilles.

r. Réservoir des eaux douces.

a. Galerie servant de réservoir pour les eaux salées.

t, *o*, D, *u*. Percement servant à la descente

des ouvriers de la deuxième à la cinquième couche.

P. Galerie d'accrochage de l'étage supérieur de la troisième couche.

E. Galerie menée sur les murs de la troisième couche.

e. Galerie de recherche dans la cinquième.

i. Galerie de recherche dans la sixième.

F. Galerie de recherche dans la douzième.

Z. Sondage au fond du puits.

Fig. 4. Coupe horizontale du puits destinée à montrer la galerie, le réservoir *a* et le goyau *g*. On n'a pas représenté ce goyau dans la *fig.* 1, pour ne pas masquer les échelles, mais on y voit le plan incliné *g'* qui le termine supérieurement.

Fig. 5. Plan de l'exploitation; les objets représentés dans les *fig.* 3 et 4 se retrouvent ici avec les mêmes notations.

3. Puits neuf.

A, B, B', C, C', H, H', K, K'. Tailles d'exploitation.

K. Point d'où sort l'eau dans la galerie K'.

G. Taille transformée en réservoir pour rassembler les eaux de la source K.

m. Serrement de ce réservoir.

n. Trou de sonde horizontal qui fait communiquer ce réservoir avec la place d'accrochage de de la galerie P.

S_1. Serrement commencé dans la galerie K',

S_2. S_3. S_4. S_5. Serremens projetés.

b. Boyau projeté partant du puits neuf.

d. Digue projetée pour obliger les eaux à se porter exclusivement sur le puits neuf.

Fig. 6. Coupe suivant la longueur de la galerie B', qui fait voir la pente de cette galerie.

NOTICE

Sur l'appareil qui sert à chauffer le vent alimentant les hauts-fourneaux de la fonderie royale de Wasseralfingen (royaume de Wurtemberg).

Par M. VOLTZ, ingénieur en chef des mines,

L'usine de Wasseralfingen, composée de deux hauts-fourneaux placés au milieu d'un vaste atelier de moulage et de plusieurs autres ateliers accessoires, est située dans le royaume de Wurtemberg sur le Kochen, à une demi-lieue en aval de la petite ville d'Aalen et à 16 lieues au levant de Stuttgard. Elle appartient à l'état, ainsi que tous les hauts-fourneaux de ce pays. L'état si satisfaisant où se trouve aujourd'hui cette belle usine est dû en grande partie aux soins éclairés de M. Favre du Faur qui en a la direction sous les ordres du conseil des usines de Stuttgard, présidé par S. Exc. M. le conseiller intime de Kerner.

M. le conseiller d'état chargé de l'administration des ponts et chaussées et des mines m'ayant donné l'ordre de me rendre sur cet établissement pour étudier le procédé de l'alimentation de la combustion par le moyen du vent chaud, que l'on a établi en décembre 1832, avec un succès brillant, dans un des hauts-fourneaux de cette fonderie, je me suis rendu à Wasseralfingen dans la 1re. quinzaine de mai. On construisait précisément à cette époque un nouvel appareil destiné à chauffer le vent de l'autre haut-fourneau, qui jusqu'à ce moment avait marché au vent froid. Je dois exprimer ici ma reconnaissance à M. de

Kerner et à M. Fabre du Faur pour l'accueil plein de cordialité que ces hommes si distingués ont bien voulu me faire. M. de Kerner a permis avec une extrême obligeance que l'accès de l'usine me fût entièrement libre, et que tous les faits relatifs à l'objet de ma mission me fussent communiqués. M. Fabre du Faur a mis une obligeance rare à me fournir toutes ces données, et toutes les facilités que je pouvais désirer.

Les deux fourneaux de cet établissement portent les noms de *Wilhelm* et de *Frédéric*; le 1er. a marché au vent froid jusqu'au 15 mai 1833; le 2e. a marché au vent chaud depuis le mois de décembre 1832. Ils livrent au commerce principalement des fontes moulées qui sont fort estimées. Leur hauteur est de 32 pieds $=$ 9^{m}.18, ils ont chacun 2 tuyères et marchent au charbon de bois; le diamètre du gueulard est de 5 pieds $=$ 1^{m}.435. L'intérieur est rond jusqu'aux étalages. L'ouvrage est carré. Le plus grand diamètre du ventre est de 8 pieds 1/2 $=$ 2^{m}.44. Au fourneau Wilhelm, l'ouvrage a dans le haut un diamètre de 2 pieds 1/4 $=$ 0^{m}.646, au niveau des tuyères le diamètre est de 1 pied 2/3 $=$ 0^{m}.267, la hauteur de l'ouvrage est de 5 pieds $=$ 1^{m}.435.

On traite dans ces fourneaux un mélange de minerais composé de une partie de mine pisiforme, de 4 parties de mine en roche, qui est une oolite ferrugineuse, à grains très-fins, formant des couches subordonnées dans le *Marlysandstone* (Conybeare) *grès supérieur du Lias* des géognostes wurtembergeois. Ce minerai est fort semblable au minerai en roche de Hayange (Moselle), que l'on exploite dans *l'inférior-oolite*. Le mélange rend moyennement environ 31.50 pour

cent de fonte ; jusqu'à ces derniers temps le fourneau Frédéric consommait, aux 100# de fonte terme moyen, 185# de charbon, savoir 9.87 pieds cubes de charbon de hêtre pesant 10#125 l'un, et 13.13 pieds cubes de charbon de sapin de mauvaise qualité pesant 6#50 l'un (1); c'est la moyenne du précédent fondage qui a duré 206 semaines. Le fourneau Wilhelm consommait ordinairement un peu moins ; la moyenne du dernier fondage, de 242 semaines, a été de 176#1/2 de charbon par 100# de fonte.

Légende des dessins de l'appareil du fourneau Wilhelm.

A. Partie supérieure du fourneau.

B. Gueulard.

C. Doublure en fonte formant le revêtement de l'embrasure destinée au passage de la partie de la flamme du gueulard qui est employée au chauffage du vent.

D. Aile de la pièce C. Elle sert à fixer celle-ci dans la maçonnerie du gueulard.

E. Sol du jour où le vent est chauffé.

F. Mur de devant *af a'f'* du four.

G. Deux murs *cc*, *d'd'* formant les parois latérales et intérieures du four. Ils supportent les tuyaux K où le vent est chauffé.

H. Intérieur *gg' hh'* du four renfermant les

---

(1) Les 100 kil. wurtembergeois = 104 poids de Cologne = 43kil.63. Le pied wurtembergeois = 127 lignes du pied de roi = 0p.832 = 0m.287, il est divisé en 10 pouces, et le pouce en 10 lignes. Le pied cube wurtembergeois = 0p.686 de pied cube de roi = 0m.03445 mètres cubes.

tuyaux K, et recevant par l'embrasure C une partie de la flamme du gueulard, laquelle s'échappe ensuite par la cheminée Q.

I. Plaques en fonte sur lesquelles reposent les tuyaux K.

K. Tuyaux en fonte où l'air est chauffé. Ils ont $6_{p}.2$ wurtembergeois de diamètre intérieur$=0^{m}.178$ et 7 pouces$=0^{m}.201$ de diamètre extérieur. Ces tuyaux sont au nombre de 16, le vent les parcourt dans l'ordre de leurs numéros. Il passe par les doubles genoux M pour aller d'un tuyau à l'autre; il entre et il sort du côté du mur *d'c'*. L'air froid entre par le n°. 1, l'air chauffé sort par le n°. 16.

L. Collets ou renflemens des extrémités des tuyaux K; ils reçoivent les genoux M. Le vide entre L et M de 15 millimètres environ est rempli d'un mastic particulier.

M. Genoux ou tuyaux courbes en fonte, qui entrent dans les collets L des tuyaux K, et sont fixés par le moyen de vis de pression *a*.

N. Mur de revêtement qui ferme complétement l'espace des genoux M.

O. Espace entre les murs G et N que l'on remplit de débris de briques et autres matières peu conductrices de la chaleur. On voit que les joints des genoux avec les tuyaux K, ne sont pas exposés à une chaleur aussi forte que ces derniers.

P. Plaque en fonte recouverte d'une faible épaisseur de maçonnerie *g* fermant le haut du four. Cette maçonnerie n'est pas figurée dans le plan *fig*. 1.

Q. Cheminée par où sort la flamme entrée par C.

R. Plaque en fonte, avec un renflement à l'entour de l'orifice de la cheminée, sur lequel on peut appliquer le couvercle *s*. Elle n'est dessinée que dans la *fig*. 3.

S. Couvercle de la cheminée suspendu à un levier, et que l'on peut fermer ou ouvrir plus ou moins au moyen de la tringle *e* (*fig.* 3).

T. Portes ou coulisses (*fig.* 1 et 3), au moyen desquelles on peut fermer ou ouvrir plus ou moins l'entrée du four en C.

V. Ouvertures latérales par lesquelles les coulisses T entrent dans le four. Ces ouvertures sont plus larges que les portes, en sorte qu'il reste un espace de 5 centimètres environ de largeur, par lequel l'air pénètre dans le four afin d'opérer la combustion du gaz carboné, ce qui augmente considérablement la chaleur et est indispensable.

W. Ouverture supérieure du four (*fig.* 1).

X. Portes postérieures du four (*fig.* 2).

Le courant du gueulard dépose beaucoup de poussière sur les tuyaux K, et l'on est obligé de les balayer 2 à 3 fois par semaine, autrement ils ne se chauffent plus convenablement. C'est par les ouvertures W et X que l'on opère ce balayage.

Y. Porte par laquelle on retire cette poussière.

Observations.

A la sortie du tuyau n°. 16, qui est encore prolongé de 2 pieds environ, le vent est conduit par un genou jusqu'au sol de la plate-forme du fourneau et là il se bifurque; l'une des branches tourne à droite pour se rendre à la tuyère de droite en faisant plusieurs coudes, l'autre se rend à la tuyère de gauche.

Toute la partie des tuyaux placée sur la plate-forme est entourée d'un corps de maçonnerie ayant environ 1^{pi}50 de diamètre. Les parties qui descendent aux tuyères sont placées à l'exté-

rieur du massif de maçonnerie du fourneau et entourées de manchons carrés en planches de $1^{pi}.50$ de côté, dont l'extérieur est rempli de matières peu conductrices de la chaleur.

L'assemblage de ces tuyaux se fait au moyen du mastic dont il a déjà été question, et d'anneaux en cuivre très-tendre.

Le mastic est composé de limaille de fer pétrie d'argile grasse et réfractaire, dont la proportion est tout juste celle nécessaire pour donner du liant à la pâte; le mélange est humecté avec du vinaigre en telle proportion, que la pâte prend une consistance épaisse. Ce mastic est excellent, il durcit promptement, n'est pas sujet à se gercer, et est parfaitement inaltérable à une grande chaleur.

Les joints des tuyaux conducteurs du vent sont munis de brides qu'on assemble au moyen de vis; on place en même temps un anneau de cuivre de 12 millimètres d'épaisseur entre les deux brides et les vis. En serrant fortement les écrous, le cuivre s'aplatit entre les brides et forme une fermeture hermétique. On a soin ensuite de recouvrir le tout de mastic et d'en former un bourrelet tout à l'entour du joint des deux tuyaux, ainsi qu'à l'entour des boulons et des écrous des vis.

Ce four est tout-à-fait semblable à celui du fourneau de Frédéric, où le vent prend une température de 165 à 210° Réaumur, sans que les tuyaux soient chauffés au delà du rouge cerise faible. La longueur totale des poulies de ces tuyaux, exposée au feu du four, est de $65^{pi}.60$ = $18^{m}.73$, la longueur partielle de chaque tuyau entre les murs *dd* et *d'd'* (*fig.* 2) du four étant de $4^{pi}.10$ = $1^{m}.18$. Toute la disposi-

tion de cet appareil est si bien entendue, qu'il n'est guères sujet à se détériorer par l'action du feu, et que celui du fourneau Frédéric, qui est en activité depuis 23 semaines, n'a montré encore aucune détérioration, ou perte de vent jusqu'à ce jour (16 mars 1833). La dilatation des tuyaux par la chaleur n'a causé aucun embarras, sans doute, parce que d'une part la température n'y est pas excessivement élevée, et que d'autre part ils ont un peu de jeu dans les massifs de maçonnerie qui les entourent, ainsi que dans les manchons de bois qui les renferment.

Au moment où l'on a commencé à chauffer le vent, c'était pendant la septième semaine du fondage, le fourneau consommait 174 livres de charbon par 100 livres de fonte, ainsi que cela était souvent arrivé dans les campagnes précédentes; et cette proportion n'était que peu au-dessous de la moyenne générale. La température du vent ne s'élevait dans les premiers temps qu'à 120° Réaumur; l'on était cependant arrivé, pendant la seconde semaine de l'emploi du vent chaud, à ne faire qu'une consommation en charbon de 137 liv. par 100 liv. de fonte, puis elle est descendue à 120 livres. Cette consommation a diminué à mesure que la température du vent a été portée plus haut; aujourd'hui la température varie de 165 à 210 degrés Réaumur, et la consommation moyenne est de 113 livres de charbon par 100 livres de fonte, c'est-à-dire à 0.643 de ce qu'elle était au moment où l'on a donné le vent chaud, et 0.611 de la consommation moyenne de la campagne précédente du fourneau Frédéric.

Relativement à celle-ci, la température du vent n'est pas le seul élément qui ait varié dans ce

nouveau fondage, puisque l'on a fait deux autres changemens encore, l'un dans la construction de l'ouvrage et des étalages, l'autre dans le volume de la charge. Les étalages avaient anciennement une inclinaison de 45°, laquelle a été portée à 60°; en même temps l'ouvrage a été élargi de 2 à 3 pouces et sa hauteur a été diminuée de 6 pouces; en outre, la grandeur des charges a été augmentée; de 33 pieds $\frac{1}{4}$ cubes wurtembergeois = 22pi.87 cubes de France de charbon, elle a été portée à 46 pieds $\frac{2}{3}$ cubes würtembergeois = 31pi.22 cubes de France, et la charge de minerai a été augmentée d'abord dans la même proportion, mais on a pu ensuite l'augmenter encore très-promptement; elle était en premier lieu de 70liv.90, et aujourd'hui elle est, terme moyen, de 102 livres. L'augmentation du volume descharges a eu pour but de rendre les charges moins fréquentes, afin de tenir l'entrée de l'embrasure C entièrement libre pendant des intervalles plus longs, parce qu'au moment des charges, cette entrée est toujours un peu embarrassée, ce qui nuit au chauffage du vent.

Il est évident que ce ne sont pas ces changemens qui ont produit une différence si considérable dans la consommation en charbon. D'ailleurs, comme on l'a déjà vu, le fourneau avait marché pendant six semaines à l'air froid, et ses consommations et produits, pendant les quatrième et cinquième semaines, étaient telles qu'on les avait souvent vu anciennement; mais ils se sont améliorés presque subitement dès qu'on a donné le vent chaud.

En même temps qu'on a donné le vent chaud, il a fallu augmenter la levée de la palle. Le manomètre indiquait anciennement une hauteur de

11 pouces$=0^m.316$ d'eau environ pour la pression du vent froid; pour la pression du vent chaud, il indique celle de 14 pouces$=0^m.40$ d'eau. La consommation par semaine en charbon n'a guères varié par le vent chaud; mais le produit en fonte, qui s'élevait à 527 quintaux pendant la sixième semaine du fondage, s'est élevé, dès la huitième, à 676 quintaux; à la neuvième elle était de 725, et depuis que la température du vent dépasse constamment 165°, elle est, terme moyen, de 734 quintaux$=$357 quintaux métriques par semaine.

L'allure du fourneau a été de beaucoup améliorée; aussi la fonte est plus propre aux mélanges, elle prend des empreintes plus nettes; car il ne se forme plus de graphite, bien qu'elle soit très-carbonée. La marche du fourneau est plus régulière, les scories sont en général mieux vitrifiées et plus fluides.

Ces beaux résultats ont engagé l'administration royale à employer le même procédé au fourneau de *Wilhelm*, qui est en feu depuis quatre-vingt-deux semaines. Il a fallu un mois de temps pour construire le four et tout ce que comprend l'appareil destiné à chauffer le vent.

Le 15 mai 1833, à quatre heures du soir, le vent a cessé d'arriver au fourneau à l'état froid, et on l'a fait passer dans l'appareil destiné à le chauffer. La charge a été poussée à 23 pieds cubes de charbon, et $77^{\#}.50$ de minerai, ce qui correspondait, quant à la proportion, exactement aux petites charges telles qu'on les avait faites ce jour encore avec le vent froid. Les roues de la machine soufflante faisaient alors sept tours par minute; le manomètre de Wilhelm marquait $1^{pi}.05$. Les scories n'étaient pas bien vitrifiées et avaient une couleur vert foncé, la fonte tirait sur le blanc; tout indiquait qu'on était dans

le cas de diminuer la charge en minerai. A cinq heures le manomètre marquait $1^{pi.}40$, les roues ne faisaient plus six tours par minute; et le thermomètre du vent marquait 78°; les deux tuyères étaient devenues plus éclatantes et les matières plus fluides.

Le lendemain matin la fonte était grise et excessivement chargée de graphite, circonstance qui, dans le fondage avec un vent chaud, semble indiquer une charge beaucoup trop faible en minerai; elle ne s'était jamais montrée encore au *Frédéric*, et disparaîtra évidemment dès que cette charge sera convenablement augmentée; les scories étaient parfaitement vitrifiées et avaient la couleur gris violâtre, qui indique la meilleure allure du fourneau et permet d'augmenter notablement la charge en minerai, laquelle a été portée dès lors à 80 livres. La température du vent était alors de 165°. Le surlendemain, à cinq heures du matin, au moment de mon départ, l'état de la fonte et des scories était encore le même, et la charge en minerai a été portée à 85 livres.

Les tuyères de *Wilhelm* sont en grès (marly-sandstone) silicieux, très-pur, à grains fins. Celles du *Frédéric* sont en cuivre et creuses, on les rafraîchit par un courant d'eau qui passe dans leur cavité intérieure. Les tuyères du Wilhelm demanderont sans doute de fréquentes réparations; mais avec de bonne argile réfractaire cela se fera sans inconvéniens majeurs; on en a l'expérience aux fourneaux de Hausen et d'Albruck, qui appartiennent au grand-duc de Bade, et où l'on vient de faire, avec un grand avantage, un fondage au vent chaud de quatorze mois.

RAPPORT

A M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, sur la conduite des fourneaux à l'air chaud.

PAR M. É. GUEYMARD, ingénieur en chef des Mines.

Je ne rappellerai pas la révolution que la France vit naître dans la métallurgie du fer par l'introduction d'une plus grande masse d'air dans les hauts-fourneaux, en remplaçant des machines défectueuses par les souffleries à pistons. Une autre révolution, non moins importante que la première, vient d'assurer au domaine de l'industrie des résultats inattendus. Les premières expériences en France, viennent d'être faites à Vienne (Isère), au haut-fourneau du faubourg Pont Evêque, et je m'empresse de les consigner dans un rapport officiel. C'est à l'Ecosse que nous sommes redevables du procédé important de l'air chaud, introduit pour la première fois dans l'usine de Clyde. Cette brillante découverte doit être considérée comme l'apogée de la gloire et de la perfection de l'art métallurgique.

Pour apprécier justement toute l'étendue de cette innovation, il convient d'exposer l'état passé de l'usine de Vienne pour faire le parallèle avec sa nouvelle position.

Le haut-fourneau se trouve sur la rive gauche de la Gire, dans le faubourg Evêque, à 30 minutes de distance du Rhône.

La puissance motrice est l'eau de cette rivière,

appliquée à une roue hydraulique, ayant 10 pieds de diamètre et 10 pieds de large.

Deux manivelles font mouvoir à l'aide de leviers les deux pistons de la machine soufflante. Les cylindres sont à double effet. Les pistons ont 4 pieds de diamètre et la course de la tige est de 3 pieds 6 pouces.

Cette machine est estimée de la force de 24 chevaux, dont 2 pour monter les minerais et les charbons au gueulard, et 22 pour la soufflerie.

En 1828, on chargeait au gueulard 200 kil. coke provenant des mines de houille de Rive-de-Gier; 75 kil. de minerai en grain de la Haute-Saône et 100 kil. de celui de la Voulte (Ardèche); enfin 75 kil. castine.

Le coke était cassé en morceaux ordinaires avant d'être chargé au gueulard et passé à une grille pour séparer le fraisil.

On faisait de 16 à 18 chargemens par poste de 8 heures, ou de 50 à 52 par jour.

Le vent était introduit par deux tuyères à eau. Les bases avaient 21 lignes de diamètre au commencement du fondage, mais on augmentait successivement ce diamètre au fur et à mesure que le fourneau s'agrandissait dans le bas, et souvent à la mise hors il était porté à 30 lignes.

On produisait avec les chargemens précités 3500 kil. de fonte grise, douce et bonne pour les moulages. On aurait pu produire davantage avec des fontes destinées seulement pour faire du fer.

La dépense totale du combustible, depuis la mise en feu jusqu'à la mise hors, était de 275 kil. pour 100 kil. fonte, et la pression du vent de 3 pouces 6 lignes.

J'ai donné les chiffres de 1828 qui étaient très-

exacts; toutefois je ferai remarquer que jusqu'à ce jour il y a eu peu de variation. Dans le dernier fondage, la moyenne, pour la consommation du combustible, a été de 270.

Si on remontait à l'origine de l'établissement, en 1820, on trouve jusqu'à 1830 que le chiffre du combustible est de 309.

Passons maintenant à la description de l'appareil à chauffer l'air du haut-fourneau.

Des tuyaux en fonte de 9 pouces de diamètre sont placés à la hauteur de 1^{m}.5 au-dessus de l'aire du fourneau, autour de la masse, ayant une longueur de 75 pieds de développement. On a établi une maçonnerie en briques autour de ces tuyaux, laissant un vide pour le passage de la flamme et du gaz. On a construit un four à réverbère près du régulateur et deux autres près des tuyères. Ces trois fourneaux sont tellement espacés, que l'air qui traverse ces 75 pieds de tuyaux doit avoir la même température vers chacune des deux tuyères. D'après cette légère esquisse, on sent que chaque emplacement d'usine doit présenter des variations pour les dispositions de ces tuyaux autour de la masse des fourneaux, en raison des espaces disponibles pour développer l'appareil.

Les tuyaux employés à Vienne ont 5 pieds de longueur et 9 lignes d'épaisseur. Ils sont à brides.

Les brides sont mi-polies et réunies par une rondelle de fer, avec des vis et des écrous. Après la pose, on bat extérieurement les rondelles pour empêcher toute fuite d'air.

On a placé aussi quelques compensateurs. Ce sont des tuyaux à emboîtement, l'un ayant un bout mâle et l'autre un bout femelle; on les a tournés et forés de manière à ce qu'ils s'emboîtent

à frottement dur. Il eût mieux vallu, à mon avis, pour la compensation, employer des tuyaux à bout mâle et les réunir par un manchon à frottement dur.

Les tuyaux de l'appareil sont supportés sur des rouleaux en fonte qui permettent encore des mouvemens occasionés par la dilatation ou par la contraction. C'est encore une espèce de compensation pour éviter toute rupture ou écartement dans les tuyaux.

Une seule cheminée de 50 pieds de hauteur sert pour le tirage des trois fourneaux à réverbère que chauffent les tuyaux de l'appareil. Elle doit être disposée de telle manière que le vent vers les deux tuyères ait la même température.

Les fours à réverbère sont alimentés à Vienne par la houille menue de Rive-de-Gier. Ils consomment par 24 heures de 22 à 24 hectolitres, pesant l'un 75 kil.

La maçonnerie qui enveloppe les tuyaux de l'appareil ne laisse pas un assez grand espace pour le passage de la fumée et du gaz. Cette maçonnerie n'est pas assez épaisse et il y a une grande déperdition de chaleur. En faisant des corrections à cette construction, quand il en sera temps on réduira la consommation de la houille, je n'en doute pas, à 18 hectolitres par jour.

Les tuyaux de l'appareil sont chauffés près de l'autel des fours à réverbère à la couleur du rouge cerise. L'air en entrant dans le haut-fourneau doit avoir la température du plomb fondu. On laisse à cet effet une petite ouverture sous les tuyaux près des bases, et l'ouvrier y introduit un fil de plomb; s'il ne fond pas, le chauffeur élève la température des fours à réverbère.

J'ai pris à tâche de faire des observations sur tous les élémens de l'appareil, lorsqu'il laisse quelque chose à l'arbitraire.

La différence du traitement de l'air froid à l'air élevé à la température du plomb fondu, est immense pour la consommation du combustible et la production de la fonte dans un temps donné. Si l'air vers les bases diminue de 50, 100, 150 degrés centigrades, à l'instant il y aura des changemens dans l'allure du fourneau qui pourront le compromettre. La couleur cerise du tuyau et la dépense de 22 à 24 hectolitres sont les seuls guides des employés.

Je propose un pyromètre placé vers chaque base, de manière à ce que l'ouvrier puisse lire sur cet instrument, comme il le fait sur le manomètre. Ce pyromètre consisterait en une tige de fer assujettie dans le tuyau, agissant à l'extrémité d'une aiguille que décrirait un arc de cercle par la dilatation ou la contraction de la tige. Sur cet arc on indiquerait les degrés centigrades par 50 à la fois, depuis zéro jusqu'à la température du plomb fondu.

Les tuyaux de l'appareil vers les fours à réverbères, exposés à recevoir quelque coup de feu qui pourrait les fendre et les fondre, sont enveloppés avec une couche d'argile réfractaire. Je ferai remarquer que cette argile peut se détacher, et que si par la maladresse d'un ouvrier il arrivait un accident au tuyau, on pourrait courir quelque risque d'engorger le haut-fourneau avant d'avoir pu faire les réparations convenables. Dans les appareils que nous allons faire construire pour les fourneaux de l'arrondissement de Grenoble, nous placerons un demi-manchon vers la partie

du tuyau qui est le plus exposé au feu, avec un lit de terre réfractaire entre le tuyau et le manchon. Avec cette double garantie nous serons sans inquiétude.

L'appareil, ainsi construit, a fonctionné du 25 septembre au 6 octobre; mais un accident, arrivé à l'un des tuyaux, a forcé le propriétaire de l'établissement à remettre le fourneau à l'air froid. A cette époque 100 de fonte exigeaient 170 de coke.

Les réparations terminées, on a recommencé avec l'air chaud le 23 octobre : on a introduit, comme pour la première fois, l'air à la température du plomb fondu, avec une pression de 3 pouces 6 lignes; les bases avaient 24 lignes de diamètre, tandis qu'à l'air froid elles n'avaient que 21. Aussitôt que l'air chaud a été introduit, on a bouché avec la terre réfractaire toutes les issues vers les bases, et on a conduit le fourneau dès ce moment sans le concours des tuyères.

Je crois que l'on s'expose à quelque danger en remplaçant immédiatement l'air froid par l'air à la température du plomb fondu. Le fourneau a été un peu endommagé vers les tuyères et vers la tympe. Le creuset n'a aucune avarie, ni même le dessus de l'ouvrage et les étalages.

Pour les fourneaux de l'arrondissement de Grenoble, je ferai introduire de l'air à 100 degrés centigrades, et lorsque l'allure sera régulière, je passerai à 200, à 300...., jusqu'à la température du plomb fondu. J'aurai par ce moyen étudié et obtenu le chiffre correspondant à chaque température pour la consommation du charbon. D'après cet exposé, on voit qu'il n'y a eu à l'air

chaud que le changement dans l'augmentation du diamètre des buses.

Je passe aux chargemens du gueulard et aux produits.

En 1828 on chargeait :

200 kil. coke,
175 kil. minerai,
75 kil. castine.

En 1832, la charge à l'air froid était de :

232 kil. coke,
200 kil. minerai,
50 kil. castine.

En 1832, la charge à l'air chaud se compose de :

232 kil. coke, 300 kil. minerai, 50 kil. castine.	Fontes truitées blanches.
282 kil. coke, 287 kil. minerai, 58 kil. castine.	Fontes grises pour moulages.

Du 13 novembre au 17, dans l'espace de 4 $\frac{1}{2}$ jours, on a obtenu 21411 kil. fonte avec 142 chargemens, ce qui porte la consommation du coke à 154 pour 100 de fonte.

La dépense pour l'appareil s'est élevée à 7725 kil. houille menue, représentant 3862 kil. de coke (36 kil. de houille pour 100 kil. de fonte, ou 18 kil. de coke pour la même quantité).

On aurait donc produit par 24 heures 4758 kil. de fonte.

La journée du 17 au 18 novembre a donné : 5984 kil. de fonte truitée blanche avec une consommation de 7888 kil. de coke. On a fait 34

cette découverte n'en serait pas moins encore très-précieuse.

Les propriétaires du brevet d'importation, MM. Taylor de Lémont, et Beugou ont eu l'extrême obligeance de me communiquer tous les renseignemens qu'ils ont apportés de la Grande-Bretagne. Le procédé de l'air chaud a été appliqué aux cubilots ou fourneaux à la Wilkenson, avec des avantages plus grands qu'aux hauts-fourneaux, puisque l'économie est de $\frac{4}{8}$ Le procédé est très-simple. On place au-dessus de la flamme du cubilot deux lentilles percées, communiquant avec des tuyaux verticaux. La flamme perdue chauffe cet appareil. L'air froid arrive dans la lentille supérieure, passe par les tuyaux verticaux, parcourt la seconde lentille, et de là, par d'autres tuyaux placés le long du fourneau, il arrive aux tuyères.

On a fait aussi l'application de l'air chaud à la forge du maréchal, et les succès ont été satisfaisans.

Avec les élémens connus, je suis convaincu dès ce moment, que les fourneaux au charbon de bois, que les forges à fer et à acier au charbon de bois, sont appelés à jouir des mêmes avantages, ainsi qu'une partie du traitement du cuivre et des matières auro-argentifères du commerce, que l'on traite dans les fourneaux à manche.

Les usines qui seront construites à l'air chaud auront-elles une existence aussi longue que celles à l'air froid, depuis la mise à feu jusqu'à la mise hors? Les renseignemens arrivés de l'Écosse et de l'Angleterre ne laissent aucune inquiétude et concourent à établir que les dégradations dans les

fourneaux ne sont pas plus fréquentes. Si j'ai néanmoins quelques craintes à cet égard, il faut les attribuer en partie aux impressions que m'ont laissées celles du haut-fourneau de Vienne, et qui ne sont vraisemblablement que la brusquerie, soit de l'air chaud, soit du changement subit des mélanges, de la pression, etc., etc.

Les avantages des combustibles ne sont pas les seuls. La qualité des fontes change d'une manière sensible dès l'instant que l'air chaud est introduit. Ces résultats ont été obtenus partout dans la Grande-Bretagne, et je puis confirmer l'exactitude des faits dans les produits de l'usine de Vienne.

Cette découverte semble déjà ne plus rencontrer de limites dans ses applications.

L'anthracite, les houilles sèches ou très-peu bitumineuses (qui ne décrépitent pas), le bois sec, peut-être, pourront être employés à la fusion du minerai de fer.

Dans l'appareil de chauffage on pourra brûler toutes sortes de combustibles, comme houilles menue, même pyriteuse, anthracite, houille sèche, lignites de toute espèce, mauvais bois, fagots, etc., etc.

Considérée sous le point de vue des forêts, cette question est du plus haut intérêt. Les bois sont très-rares sur tous les points du royaume. Partout la pénurie se fait sentir de plus en plus, et rien ne présage un meilleur avenir. Hâtons-nous de propager cette découverte sur tous les ateliers de la France. Si la fabrication reste la même, nous verrons nos forêts s'agrandir et s'étendre sur les terrains frappés de stérilité. Si la fabrication

augmente, les produits diminueront de prix, et alors leur application dans les arts prendra un développement plus grand.

Fonderies et forges de Vienne, le 20 novembre 1832.

Signé Gueymard.

DES DÉPOTS

Terrestres ou Epigéiques à la surface de la Morée.

Par M. BOBLAYE, capitaine d'état-major.

Nous désignons sous le nom de *dépôts terrestres* ou *épigéiques* tous les produits formés sur une partie *émergée* de la surface terrestre. Quoique leur texture meuble les expose à la destruction lors de tous les grands mouvemens du sol, il n'est pas de contrée où ils n'aient dû se conserver dans quelques localités. Il doit exister dans chaque région du globe une série de dépôts de cette nature, série plus ou moins ancienne et plus ou moins continue, parallèle à la série des dépôts marins. Leur âge remonte à la première émersion du sol, et leur composition dépend entièrement de sa nature.

La Morée était déjà en partie émergée lors du dépôt des gompholites tertiaires qui nous paraissent représenter les nagelsflhue de la Suisse; de grandes dislocations, des soulèvemens de 1000 à 1200 mètres accompagnèrent leur apparition, changèrent entièrement les formes du sol, et les dépôts épigéiques antérieurs durent presque entièrement disparaître; mais, à partir de cette époque, la Morée ayant pris, comme nous allons le faire voir, tous les principaux traits de son relief, nous devons y trouver des dépôts épigéiques de l'époque subapennine et tous ceux de la période suivante jusqu'au temps actuel.

La *période* que nous embrassons comprend donc non-seulement l'époque subapennine, mais encore l'époque des divers soulèvemens qui donnèrent à la Grèce son relief et son contour actuel, effet qui fut produit non par un mouvement unique, mais par des soulèvemens successifs, et enfin l'époque actuelle (1).

Avant d'entrer dans ce nouvel ordre de faits, nous jetterons un coup d'œil sur l'aspect que présentait la Grèce au moment où le dépôt de nos terrains tertiaires fut suspendu.

Le Péloponnèse formait une île moins élevée qu'aujourd'hui, et dont une courbe horizontale, tracée entre 300 et 400 mètres au-dessus du niveau de la mer, dessinerait à peu près le contour. Des montagnes abruptes plongeaient partout dans la mer comme le font aujourd'hui les rochers des côtes orientales de la Laconie et d'une partie de l'Argolide, sans qu'il existât aucune plaine ou plage intermédiaire.

Il n'en était autrement que dans quelques localités peu étendues, telles que le fond du golfe occupé aujourd'hui par l'Élide, où le terrain tertiaire ancien (les gompholites), déjà soulevé, formait le haut plateau du mont *Pholoë*, et bordait le pied des montagnes. L'Élide presque entière était sous les eaux ; il en était ainsi de la Messénie, dont le golfe s'étendait jusqu'au pied du

(1) L'époque actuelle est pour nous la période *jovienne* de M. Brongniart, à cela près que nous ne lui donnons pas une valeur absolue, elle commence au moment variable, où chaque contrée a pris dans sa *surface* et dans son *contour* la configuration générale que nous lui voyons aujourd'hui.

mont Lycée, entre la chaîne du Taygète et un archipel, dont les monts Mali, entre Arcadia et Messène, les monts Lycodimo ou *Temathias*, et les sommets du cap Gallo, formaient les trois principales îles.

Le golfe de Laconie se prolongeait entre deux chaînes longues et étroites jusqu'aux sources de l'Eurotas, et s'unissait vers le nord à une suite de lacs ou de dépressions; en effet, celles que nous voyons aujourd'hui (bassins de Tripolitsa, d'Orchomène, de Phonia), formées en grande partie par le croisement des soulèvemens *Pindique* et *Achaïque*, antérieurs au dépôt subapennin, devaient exister dès lors avec des formes peu différentes.

Le golfe de Lépante, bordé de deux hautes chaînes flanquées jusqu'à 1800 mètres par des couches disloquées du terrain de gompholite, séparait déjà l'Hellade de la Morée, et s'unissait à la mer Égée par deux ouvertures, au nord et au sud des montagnes de la Mégaride.

L'Archipel était déjà semé de presque toutes ses îles; quelques-unes cependant, comme les îles basses voisines du continent, et composées uniquement de dépôts tertiaires, n'étaient encore que des bas-fonds. Les massifs trachytiques d'Égine, de Méthana, de Milo et de Santorin avaient déjà apparu au-dessus des eaux, quoique leur hauteur fût, en général, beaucoup moindre que la hauteur actuelle; chacune de ces îles était restée un centre d'actions ignées qui venaient de soulever et bouleverser les derniers dépôts tertiaires, et qui continuèrent à s'y manifester avec plus ou moins d'intensité jusqu'au temps actuel.

D'un autre côté, une partie du bassin actuel de la Méditerranée était devenue terrestre ou lacus-

tre; les dépôts tertiaires et les atterrissemens avaient réuni des îles, fermé des golfes, et donné naissance à des dépôts lacustres et fluviatiles, dont nous trouvons des débris sur les sommets de quelques îles (archipel d'Iliodroma, Rhodes, etc.).

Mais en général la bande étroite, et d'un niveau à peu près constant, que le terrain tertiaire subapennin forme autour des îles et du continent, annonce que déjà à cette époque tous les grands traits du relief de la Grèce étaient dessinés, et qu'un soulèvement général, plutôt que des dislocations, suffiroit pour lui donner la configuration qu'elle a conservée depuis près de quatre mille ans sans altérations sensibles.

D'après ce que nous avons dit de l'antériorité des dépressions, bassins fermés ou ouverts de l'intérieur de la Morée, au dépôt du terrain subapennin, il est évident qu'ils peuvent renfermer des produits de la même époque, lacustres, détritiques et alluviens recouverts par la succession des dépôts de même nature, formés dans toute la période et jusqu'au temps actuel; mais il nous eût été impossible de reconnaître et d'étudier cette succession, si des fractures récentes du sol n'avaient ouvert des issues ou extérieures ou souterraines aux eaux des bassins fermés, et n'avaient par suite causé leur dénudation. Ces divers effets, formation et destruction des dépôts terrestres, exigent donc la connaissance du singulier système *hydrogéique* de la Morée, ou de la manière dont les eaux atmosphériques se rassemblent à sa surface, et parviennent à la mer par des voies souterraines.

Cette étude préliminaire nous donnera en même temps l'explication la plus générale et la plus na-

turelle du phénomène des cavernes continentales et de leurs dépôts de brèches osseuses; explication qui n'exige, comme celle des grottes littorales (*voyez* Mémoire sur l'action de la mer, etc., *Journal de géologie*, n°. 10), aucune hypothèse étrangère aux causes qui s'exercent de nos jours.

Régime des eaux intérieures.

L'année se divise sur une grande partie du littoral de la Méditerranée, comme entre les tropiques, en deux saisons bien tranchées, celle des pluies, dont la durée est de quatre à cinq mois, et celle de la sécheresse; observation importante pour l'étude de tous nos dépôts récens en Morée. La quantité annuelle de pluie dépasse 1 mètre, du moins sur les versans du sud et de l'ouest. Une partie de cette énorme masse d'eau se rend directement à la mer avec une grande rapidité due à l'inclinaison et à la dénudation des montagnes; le surplus se rassemble dans les hauts bassins fermés de l'intérieur, ou se perd dans les fentes dont la formation de la craie compacte est traversée en tous sens, et devient dans les deux cas l'aliment de véritables fleuves souterrains qui traversent les montagnes et débouchent sur le rivage ou au-dessous du niveau de la mer; les sources, formées par ces fleuves, sont désignées par les Grecs, qui les distinguent bien des sources ordinaires, sous le nom de *kephalovrysi* ou têtes des eaux.

La division du sol en bassins fermés, la plupart sans lacs permanens, n'appartient pas seulement à la Morée, mais à la Grèce entière, à l'Italie, à une partie de la péninsule ibérique, à l'Asie mi-

neure, à la Syrie, en un mot à toute la bande où règnent les formations secondaires du bassin du Midi.

Dans tout le reste de l'Europe, les eaux soumises à un petit nombre de plans de pentes généraux, se lient avec régularité depuis les faîtes des continens jusqu'à la mer, ou se ramifient autour de quelques troncs principaux. Il en résulta que les géographes de ces dernières contrées, influencés par les formes qui leur étaient mieux connues, et par l'idée systématique du creusement des dépressions par les eaux, regardèrent la disposition régulière comme loi générale, et l'autre comme une exception rare ou un simple accident.

Cependant si la régularité s'étendait dans les grandes plaines du nord de l'Europe, de l'enchaînement des eaux jusqu'aux formes et aux relations des vallées, il n'en était plus ainsi dans les pays de montagnes, où l'on devait voir des bassins étagés réunis par des fentes comme dans toute la zone du Midi. Mais la préoccupation des idées systématiques était telle, qu'on ne les voyait pas, et qu'ils disparaissaient même sur les prétendues cartes topographiques, qui, on doit le dire, dénaturent encore aujourd'hui les formes du terrain par une méthode de convention dérivée de ces mêmes inductions hydrographiques.

C'est au géologue qu'il appartient de relever ces erreurs de la topographie ; familiarisé avec les effets des dislocations que l'écorce terrestre a éprouvées dans des directions variées, il doit penser que la disposition en bassins, ou fermés ou ne communiquant que par de simples gorges, dut être à peu près générale, et que l'établissement régu-

lier du régime des eaux et de l'enchaînement des vallées n'est que le résultat, dans certaines contrées, de l'absence des dislocations, et dans d'autres, que l'effet de modifications lentes des formes primitives; mais il doit se demander comment ces modifications, qui, dans les terrains soulevés et fracturés de la France, de l'Angleterre, de la Suède et de l'Allemagne, ont conduit toutes les eaux de vallées en vallées depuis les faîtes des continens jusqu'aux mers, n'ont pas produit le même effet dans la région méridionale, où le centre des îles et des continens est resté formé de bassins hydrographiques de toute grandeur, et indépendans entre eux?

Deux causes doivent contribuer à ce phénomène, l'une météorolique, et l'autre géognostique; et nous pensons que la seconde peut seule être appliquée aux bassins fermés des régions montueuses de la Grèce et de l'Italie.

Pour qu'un bassin sans issue souterraine puisse se maintenir isolé des vallées inférieures, il faut qu'il y ait équilibre entre la quantité d'eau tombée et celle évaporée dans toute l'étendue du bassin, ou excès de cette dernière; ou, autrement, que la quantité d'eau évaporée à la surface du réceptacle surpasse ou égale celle qui tombe sur cette étendue, plus, les produits des affluens; condition qui est loin de pouvoir exister dans la majeure partie de l'Europe, et que nous prouverons n'être pas applicable à la Grèce. On conçoit dès lors comment, indépendamment du transport continu des alluvions, l'exhaussement progressif des eaux amène la communication des bassins fermés avec les vallées inférieures, telle qu'on la voit dans presque toute l'Europe; tandis que, au sud et à

l'est, les mêmes influences météoriques maintiennent l'équilibre dans les eaux de la Caspienne et d'autres lacs fermés de l'Asie, et que plus au sud encore de nombreuses mers intérieures diminuent progressivement, ou même ont déjà disparu.

Dans la Morée, le lac Phonia, qui n'existait pas en 1814, et qui aujourd'hui a acquis une profondeur de 40 mètres, malgré la très-petite étendue de son bassin orographique, montre combien les conditions d'équilibre dont nous avons parlé sont loin d'exister, du moins dans la région montueuse.

Les pentes des divers bassins fermés sont si rapides et si dénudées, que les eaux pluviales affluent presque en totalité au réceptacle; en sorte qu'il faudrait, pour l'équilibre, que la quantité d'eau évaporée à sa surface fût à peu près égale à autant de fois la quantité d'eau tombée que la surface totale du bassin contient celle du réceptacle, ce qui n'est pas admissible.

Nous devons en conclure que l'existence de tous ces bassins fermés de la Grèce, sans eaux permanentes et sans communication extérieure, dépend de causes autres que les influences atmosphériques, et que la nature du sol peut seule nous en rendre compte.

Nous remarquerons d'abord que les calcaires compactes qui forment l'enceinte de ces bassins fermés ne produisent de matériaux détritiques ou alluvions qu'en beaucoup moindre quantité que les roches des terrains tertiaires et secondaires, et même que les schistes et autres roches anciennes de l'Europe septentrionale, et qu'en outre ces débris sont beaucoup plus perméables que ceux des

formations, toutes plus ou moins argileuses, que nous venons de citer. Il en résulte que le comblement des cavités doit être moins rapide, et que les infiltrations doivent faciliter l'action de l'écoulement souterrain qui est la véritable cause du phénomène.

Des gouffres ou *chasma*. Dans chaque bassin fermé il existe un ou plusieurs gouffres dans lesquels viennent se perdre les eaux des torrens; on les désigne aujourd'hui dans toute la Grèce sous nom de *katavothra;* les anciens les nommaient *zerethra* et *chasma* (1); ils sont situés en général au pied des montagnes qui forment l'enceinte du bassin, et on reconnaît toujours, dans les rochers qui les surmontent, des fentes ouvertes, des fractures, et souvent des changemens locaux dans la stratification; ils correspondent ordinairement à des cols, mais quelquefois, au contraire, à des relèvemens de la chaîne.

Lorsque l'ouverture se présente au milieu de la plaine, comme à Kavaros (*Pyrrichus*), dans la presqu'île du Ténare et à Tripolitsa, on ne la reconnaît en été qu'à un dépôt de limon rougeâtre tout crevassé; mais lorsqu'elle est située dans les rochers, au pied des montagnes, elle est souvent assez spacieuse pour qu'on puisse, en été, pénétrer dans l'intérieur; tels sont les gouffres du lac Stymphale, du lac Copaïs; celui des Tipiana, près Mantinée, dans l'intérieur duquel on a construit un moulin pour profiter de la chute

(1) Nous pensons que ce dernier nom, qui déjà appartient à la langue anglaise, avec la même acception, est à introduire dans notre nomenclature de géographie physique.

d'eau. On reconnaît alors, en y pénétrant, des chambres à parois lisses, des couloirs étroits, des lacs, comme dans les cavernes si souvent décrites.

L'existence de ces fentes, cause du dessèchement des bassins fermés, résulte évidemment de la dureté et de la grande fragilité du calcaire compacte, qui, lors de la dislocation du sol, s'est brisé sans tassement et sans affaissement, et a laissé de nombreux vides et des débris sans cohésion.

Mais, en outre, une circonstance qui a favorisé le passage des eaux et la formation des cavernes de *déblaiement*, plutôt que d'érosion, est la présence au-dessous du calcaire d'un grand système arénacé (grès verts) que les eaux entraînent avec facilité : par suite, les cavités ont augmenté et ont pu se fermer momentanément quand les points d'appui venaient à manquer.

La plupart de ces gouffres étant insuffisans pour donner passage à la totalité des eaux de la saison pluvieuse, il se forme un lac autour de leur ouverture. Le sol s'exhausse par les dépôts d'alluvion, et les torrens ne peuvent bientôt plus y entraîner que des sables et des troubles, et des débris végétaux et animaux susceptibles de flotter. Enfin, l'exhaussement devient tel, que le torrent se rejette dans une autre partie de la plaine, où il ne manque guères de trouver de nouvelles ouvertures; et c'est ainsi qu'en parcourant successivement toute son étendue, il la maintient à un niveau à peu près uniforme Tel est le régime actuel de tous les torrens de la plaine de Tripolitsa; par conséquent, les dépôts dans les cavernes et les lacs intérieurs doivent consister en *terre rouge*,

sables, ossemens et végétaux, comme ceux de la plupart des cavernes à ossemens.

En été, les lacs se dessèchent plus ou moins complétement, et leur sol rougeâtre fait reconnaître l'emplacement des chasma. C'est alors que pendant sept mois leur entrée, presque toujours masquée par la végétation vigoureuse qu'y entretient l'humidité, devient la retraite des renards et des chacals (1) qui y entraînent leur proie. Nous avons vu, avec M. le colonel Borry, sur l'ouverture de l'un de ces gouffres, un squelette entier de cheval, que les carnassiers avaient en partie dépouillé sans pouvoir l'y faire pénétrer; les ossemens, qui portaient la trace de leurs dents, auront, peu de temps après, pris place dans les dépôts limoneux de la caverne, au milieu des ossemens roulés et des squelettes entiers des animaux que les pluies d'orage doivent souvent y surprendre. On voit par-là comment, dans toutes les contrées à saisons alternativement sèches et pluvieuses, les cavernes peuvent être successivement la demeure des carnassiers et le passage des eaux souterraines, et que les causes exclusives par lesquelles on voulait expliquer la présence des ossemens dans les cavernes, sont aussi fausses dans ce cas, qu'elles le sont en général dans tous les phénomènes naturels.

Nous avons fait voir que les eaux de l'intérieur de la Morée se perdent dans de véritables cavernes à ossemens, et atteignent le niveau de la mer par des issues souterraines; ce qui suit achèvera de

(1) Il nous a été dit par les habitans que les loups ne s'y retiraient jamais.

prouver que leur création appartient entièrement aux causes actuelles.

L'obstruction des dégorgeoirs intérieurs est un phénomène fréquent, qui, observé par les Grecs, dans l'antiquité comme de nos jours, leur a permis de déterminer l'issue des eaux souterraines de plusieurs bassins fermés. Ainsi ils avaient reconnu que les eaux du lac Stymphale formaient l'*Érasinus*; que celles de la plaine *Argos*, près Mantinée, donnaient naissance au fleuve sous-marin de *Diné*, que les Grecs modernes désignent sous le nom d'*Anavolo*; que les eaux du lac Phonia formaient les belles sources du Ladon, au-dessous de Lycouria, etc.

Dans ce moment, le lac Phonia nous offre le phénomène de l'obstruction des grouffres d'une manière très-remarquable. Drama-Aly, le dernier des beys de Corinthe, avait fait placer des grilles aux trois ouvertures; elles furent enlevées au commencement de la révolution grecque, et une riche plaine fut bientôt convertie en un lac, dont la profondeur, comme nous l'avons dit, a déjà atteint, en quelques lieues, 40 à 50 mètres, et le diamètre 6 à 8,000 mètres.

Déjà, il y a près d'un siècle, les eaux s'élevèrent à une hauteur beaucoup plus grande. On voit dans tout le contour du lac, à plus de 100 mètres de son niveau actuel, les traces du limon rougeâtre qu'elles déposèrent à la surface du sol et dans toutes les fentes du rocher, de même que le ciment identique de la brèche osseuse trace une ligne rougeâtre à la limite des anciens rivages. Aujourd'hui les eaux continuent à s'élever, et elles pourront atteindre une hauteur de 400 mètres avant de trouver une issue vers la plaine

d'Orchomène, à moins que les chasma ne soient ouverts ou par la pression ou par quelques tremblemens de terre.

Il paraît, d'après les anciens et les modernes, que ces intermittences fréquentes dans l'obstruction et la réouverture des gouffres de Phonia, étaient attribuées aux tremblemens de terre. Ainsi, d'après Eratostènes, cité par Strabon : « Il arrivait » parfois que, par l'obstruction des chasma, l'eau » inondait la plaine, et, lorsqu'ils étaient rouverts, » elle la quittait subitement pour aller grossir le » Ladon et l'Alphée; de là vient qu'une fois les » environs du temple d'Olympie furent inondés » au moment où les marais se trouvèrent à sec. » Strabon ajoute qu'à une autre époque, des tremblemens de terre ayant fait écrouler les parois des chasma par où les eaux s'écoulaient, les sources du Ladon furent complétement interceptées (1).

Ainsi, le déblaiement des issues souterraines, après leur obstruction, par suite de tremblemens de terre ou d'autres causes, et la facilité avec laquelle un torrent, rejeté d'une partie de la plaine

(1) Le président C. Capo d'Istria avait l'intention de faire travailler au desséchement de cette plaine. Au premier abord on pourrait penser que cette entreprise eût exigé des travaux herculéens; nous croyons au contraire qu'un ingénieur *géologue* en fût venu facilement à bout en recherchant, dans la direction des cols et au-dessus des anciens gouffres, les parties du sol les plus fracturées, en enlevant, aux bords du lac, l'argile rouge qui obstrue les fentes, et en s'aidant, pour détruire l'adhérence des parties que l'on ne pourrait atteindre, de commotions produites par la poudre : ce serait suivant nous un travail de patience plutôt que de force.

par l'exhaussement de son lit, trouve ailleurs une nouvelle issue, montrent que la création des dégorgeoirs, et, par suite, des lacs et des cavernes intérieurs, est un phénomène de notre époque, phénomène qui d'ailleurs a dû se produire dès l'époque subapennine, puisque l'existence des bassins fermés lui est antérieure. Nous trouverions donc dans les cavernes de la Morée des ossemens fossiles de cette époque, si le soulèvement des grandes Alpes avait disloqué le sol de la Morée, comme celui de la France méridionale, et mis l'intérieur des cavernes à découvert

Des Sources-mères, ou *kephalovrysi*. Après avoir étudié l'entrée, dans les montagnes, des cours d'eau souterrains, nous allons les examiner à leur sortie.

On nomme kephalovrysi (tête des eaux), leurs débouchés inférieurs; ce n'est pas seulement par le volume de leurs eaux, mais encore par son égalité en toutes saisons et par des intermittences irrégulières, qu'elles se distinguent des autres sources.

La position des kephalovrysi nous a paru déterminée par des circonstances géognostiques; dans la montagne comme aux sources du Ladon et à celles du *Buphagus* (1), près de Carytène, et dans plusieurs autres lieux elles percent au-dessus des couches marneuses situées à la partie inférieure de la grande formation de la craie et du grès vert, et dans la Laconie, au contact des marbres et du terrain schisteux; mais les plus volumineuses s'ouvrent sur le littoral, ou, dans

(1) Nous nous servons des noms anciens par nécessité, ces rivières n'ayant plus de noms modernes.

les plaines, sur la courbe horizontale que dessinent les anciens rivages.

Telle est la position des sources de Lerne, de l'Erasinus, de Tirynthe, de Candia dans l'Argolide, et des magnifiques sources de Skala, dans l'Hélos; souvent enfin elles se font jour au-dessous du niveau de la mer, comme à l'Anavolo, près d'Astros, et sur un grand nombre de points, en face des rivages abruptes de l'Argolide, de la Laconie et de l'Achaïe.

Le fleuve sous-marin de l'Anavolo (*Dine*) (1) présente le plus beau phénomène de ce genre : à 300 ou 400 mètres du rivage, on voit, par un temps calme, les flots dessiner de grands arcs concentriques autour d'une partie très-bombée, et les sables bouillonner sur une étendue considérable. Le rivage présente un affaissement concentrique d'une centaine de mètres d'élévation, creusé dans les flancs de la montagne du Zavitsa (*voy.* la nouvelle Carte de Morée, feuille III); fait dans lequel on ne peut manquer de reconnaître l'enfoncement de cavernes produites par une action, non d'érosion, mais de déblaiement.

Il eût été d'autant plus important pour nos recherches zoologiques, et pour l'explication du mélange, dans un même bassin, des dépôts fluviatiles et marins, de pouvoir recueillir les espèces qui peuplaient ce fond de mer, que cette sortie de fleuves d'eau douce au milieu de golfes est très-fréquente sur toutes les côtes de la Grèce,

(1) Pausanias avait observé ce phénomène, mais le texte est si obscur et les traductions si fautives, que nous n'eussions jamais deviné de quoi il était question, si nous n'avions pas visité les lieux.

particulièrement dans le golfe Adriatique et dans celui de Lépante, et, d'après M. Delcros, sur les côtes de la Calabre. Il doit en résulter des amoncellemens coniques de dépôts fluviatiles au milieu des dépôts marins contemporains, tel qu'on pourrait concevoir Montmartre avec ses gypses et ses ossemens au milieu du calcaire grossier.

La plaine d'Argos est entourée de ces *kephalovrysi*, dont les eaux produisent les marais pestilentiels, que la fable a personnifiés dans l'*Hydre de Lerne*; tous sont à peu près au même niveau, Les plus élevés n'ont pas 20 mètres au-dessus du niveau de la mer; tous sortent au milieu des couches brisées de brèches et de poudingues ferrugineux, qui dans cette contrée formèrent un talus littoral après le dépôt de la formation sub-apennine. C'est un dépôt contemporain de la brèche osseuse méditerranéenne, et des alluvions ferrugineuses des vallées de la Morée.

Il est à remarquer que ces sources jaillissent, non pas en face l'ouverture des vallées, mais au pied des contre-forts qui s'avancent dans la plaine, comme si les eaux s'étaient frayé plus facilement un passage au milieu des couches fendillées du calcaire compacte, qu'au milieu des dépôts récens des vallées. Ainsi, la source de l'Erasinus est située à l'extrémité d'un contre-fort, où s'ouvrent de grandes cavernes (1), dont le sol n'est pas élevé de plus de 5 mèt. au-dessus de l'ouverture actuelle de la source. On voit, à n'en pouvoir douter, que le fleuve sortait par ces cavernes lorsque les alluvions

(1) Nous y avons fait creuser jusqu'à un mètre et demie de profondeur, sans rencontrer autre chose que de la fiente de chauve-souris.

ferrugineuses se déposaient à leur pied, et que ce ne fut qu'à la suite de leur exhaussement, puis de leur destruction par l'action de la mer, que les eaux abandonnèrent les cavernes pour se frayer un passage au-dessous des alluvions, ou plutôt au pied de la falaise qui précéda celle de l'époque actuelle. Les sources de Lerne, de Candia, de Piada et de toute la côte de l'Argolide, sont dans des positions tout-à-fait identiques. En voyant la plupart des sources de la Grèce percer sur les rivages et à peu de hauteur au-dessus du niveau de la mer, nous avions pensé que dans certains cas cet effet pouvait résulter d'une répulsion produite par la plus grande densité de l'eau de la mer. Nous avons, du moins, une preuve de ce fait dans le lac d'Ino, près d'Epidaure Limera (côtes de Monembasie), lac auquel sa singularité avait valu les honneurs d'un oracle. C'est une cavité circulaire de 4 à 5 mètres de diamètre, au milieu des calcaires compactes fendillés et redressés comme dans tout le Péloponnèse; sa distance à la mer n'est pas de plus de 100 à 150 mètres; il s'élève à peine à 2 mètres au-dessus de son niveau, et quoique sa profondeur soit inconnue (30 mètres de sonde n'ont pu en atteindre le fond) il est rempli jusqu'aux bords, en toute saison, d'une eau à peine saumâtre. Il nous semble que ces diverses circonstances ne permettent de regarder le lac que comme l'une des branches d'un syphon, dont l'autre aboutirait au-dessous du niveau de la mer à une profondeur que la différence de densité de l'eau douce et de l'eau marine, et l'élévation de 2 mètres du niveau du lac fixeraient à 77 mètres.

Température et nature des eaux dans les kephalovrysi. Nous avons observé dans les dif-

férentes saisons de l'année les kephalovrysi des rivages de la Grèce, et nous avons vu avec surprise que leurs eaux conservent la même pureté, la même température, et à peu près le même volume, après la fonte des neiges, dans la saison des pluies et dans la longue sécheresse de l'été.

Lorsque les gouffres des bassins intérieurs reçoivent un énorme volume d'eaux limoneuses et d'un rouge foncé, les sources des rivages de l'Argolide sortent pures et limpides, et n'entraînent que quelques sables calcaires. Il existe par conséquent dans l'étendue de leur cours souterrain des lacs où se font les dépôts des sables et des troubles; et les eaux ont ensuite à traverser des couloirs étroits, qui ne permettent l'accroissement du volume des sources qu'en raison de l'augmentation de pression.

La grande quantité de bulles d'air qui, au printemps, se dégagent de toutes ces sources, notamment de celle de l'Erasinus, indique bien cet accroissement de pression dans l'air des cavernes intérieures.

Nos observations sur la température des kephalovrysi conduisent aux mêmes résultats. Nous avons pris avec soin, et à différentes époques de l'année, la température des sources de Velonidia, près du cap Malée; de Skala, dans l'Hélos; de Mousto, près d'Astros; de Lerne, et de l'Erasinus: toutes formant des rivières à leur sortie du rocher, et situées à quelques mètres seulement au-dessus du niveau de la mer, entre les latitudes 36° 30′ et 37° 34′; leur température s'est trouvée la même en toute saison (1), et a décru avec l'accroissement de

(1) Lorsque nous n'avons pu retourner sur les lieux,

la latitude, depuis 18° $\frac{5}{10}$ jusqu'à 17°; la moyenne des observations donnait 17° $\frac{6}{10}$, et il est à remarquer que non-seulement ce résultat moyen est d'accord avec la formule de Mayer ($T = 27° 5'$, $\cos^2. L$) pour la latitude moyenne 36° 57', mais qu'il en est encore ainsi de chacune des observations séparées.

Cette élévation constante dans la température des kephalovrysi, lorsque celle des lacs de l'intérieur, leur principal aliment, comme le prouve fréquemment l'obstruction des dégorgeoirs, descendait jusqu'à + 8° et même + 5° au moment de la fonte des neiges, nous démontre encore l'existence de vastes lacs et de longs canaux souterrains; résultat auquel l'observation avait également conduit les anciens.

« Il existe dans le Péloponnèse de grandes cavi-
» tés dans les entrailles de la terre, où de vastes
» lacs se forment par le concours des eaux.» (Diodore de Sicile, liv. II, chap. 41.)

Lacos, ou petits bassins fermés. Indépendamment de ces grands bassins sans issue, à formes irrégulières et résultat immédiat du soulèvement des montagnes de la Morée, il existe des dépressions beaucoup moins étendues et à formes plus régulières sur tous les plateaux, sur les montagnes et dans les cols; mais seulement dans la région occupée par les calcaires secondaires, les Grecs leur donnent le nom de *Lacos* (λακκος), quoiqu'ils ne renferment jamais d'eau, du moins pendant l'été.

M. Virlet et M. le capitaine Peytier, ont bien voulu répéter ces observations; nous nous sommes servi d'un thermomètre centigrade qui donnait $\frac{1}{10}$ de 0°.

Certaines montagnes à large sommet en sont toutes crevassées, comme des dômes volcaniques, ou comme la surface de la lune. Il est très-rare que dans les cols on n'en trouve pas un ou plusieurs, suivant leur étendue. Ces lacos fixèrent d'autant plus mon attention, qu'ils m'offraient, sur les montagnes les plus hautes et les plus rocheuses, un abri sûr pour l'emplacement de ma tente.

Parmi ces cavités, les unes résultent de la dislocation même du sol et de l'indestructibilité de la roche qui en forme l'étroite enceinte; mais le plus grand nombre nous paraît le résultat d'affaissement d'une époque plus récente; dans le nombre de ces dernières, nous citerons celles que l'on rencontre à chaque instant dans la presqu'île de l'Hermionie, depuis les massifs trachytiques de Poros jusqu'à l'île d'Hydra et à Cranidi. On les voit au sommet et sur les flancs des montagnes, et, ce qui m'a prouvé leur origine récente, au milieu même des alluvions du bassin fermé de Didyme. On trouve, à un quart d'heure au nord-ouest de ce village, situé à la partie la plus profonde du bassin et près l'ouverture de son gouffre, une cavité circulaire à parois verticaux, dont la profondeur est de 20 à 25 mètres, et le diamètre 2 à 300 mètres. Les parois ne montrent que des alluvions caillouteuses, dans lesquelles il est impossible d'établir aucune différence de la base au sommet, comme cela a lieu dans les bassins sans issue, qui n'ont pas éprouvé de dénudations. Nous pensons que toutes ces cavités de l'Hermionie peuvent provenir des phénomènes volcaniques, dont cette contrée a été le théâtre depuis l'apparition des trachytes; mais que les causes les plus générales du phénomène sont l'action

des fleuves souterrains et des eaux d'infiltrations, au milieu des couches fracturées de la surface et des couches meubles du grès vert de la partie inférieure, et l'affaissement des voûtes des cavernes dont nous avons démontré l'existence.

Terre ocreuse des montagnes calcaires. Après la fonte des neiges il se forme dans les lacos, situés sur les montagnes les plus élevées, de petits lacs que la chaleur et les fentes de rochers ont bientôt taris; il ne reste plus alors que cette terre ocreuse, dont nous avons déjà parlé sans avoir encore recherché son origine. En retrouvant cette substance sur les pics les plus élevés et les plus isolés, à la surface du sol et dans les fissures du rocher, mais seulement sur les montagnes calcaires, nous nous sommes souvent demandé quelle pouvait être son origine. Nous croyons avoir reconnu que cette terre est identique au ciment des brèches osseuses et à la gangue du fer pisolithique et en grains de nos plateaux jurassiques; mais cette comparaison demanderait à être faite avec plus de soin. Elle se dissout avec effervescence dans les acides, et laisse, indépendamment de l'hydroxide de fer, un résidu de silice en petits grains impalpables, avec quelques petits cristaux de quartz et du fer en grains; composition qui semble annoncer qu'elle provient de la destruction de nos calcaires secondaires, tous plus ou moins siliceux et ferrugineux. On y rencontre encore dans quelques localités des rognons un peu cristallins, qui m'ont paru formés par un mélange de spath calcaire ferrugineux, et de carbonate de tri-oxide de fer, substance qui annonce qu'une action chimique a concouru à la production de la terre rouge. Quelquefois mêlée

à des graviers calcaires et à du fer en grains, elle s'accumule dans des fentes au sommet des montagnes, et l'on m'a désigné l'un de ces amas comme une mine d'or abandonnée (montagne de Trapézona, près Kelli en Argolide); mais je n'ai rien vu qui justifiât cette opinion. Nous avons la preuve de la formation déjà ancienne de cette terre, à la surface continentale de la Grèce, dans son abondance au milieu des alluvions anciennes des vallées, et même dans certains dépôts détritiques du terrain tertiaire subapennin, comme les agglomérats rouges de Marathonisi et des environs de Sparte, qui représentent le dépôt des marnes subapennines au pied des rivages escarpés.

On doit supposer, d'après la composition de cette terre, la présence du fer et de la silice soit disséminé, soit en grains, la constance de ses caractères à de très-grandes distances, et surtout sa présence exclusive à la surface des calcaires secondaires, qu'elle provient de leur destruction lente. Mais, si l'on examine la surface des rochers dans l'intérieur du continent, on la voit partout recouverte de matière verte et de lychens, en sorte que, si quelque action destructive s'exerce en ce moment, cela ne peut être que par l'intermédiaire de la végétation. Nous croyons en effet que cette action a lieu; M. le colonel Borry nous a fait remarquer des lychens presqu'entièrement composés de carbonate de chaux, qui ont la propriété de s'assimiler cette substance, comme le font les mollusques dans l'eau de la mer; il en résulte de petites cavités; mais ce n'est pas à cette faible action que nous pouvons avoir recours pour expliquer un produit aussi abondant que la terre rouge.

Dans le mémoire que nous avons publié en 1831, sur l'action de la mer et celle de l'aura-marina sur les rochers calcaires, nous avons démontré que cette dernière action corrodait entièrement les surfaces calcaires à une hauteur de plus de 50 mètres, et à une grande distance du rivage de la mer, et qu'au delà de cette zône, où les surfaces sont entièrement à nu, on trouvait encore des traces de la même action à plus de 2000 mètres du rivage (1).

Nous avions d'abord attribué ce phénomène d'érosion à de simples actions hygrométriques et mécaniques; depuis nous avons reconnu qu'il pouvait être le résultat d'une réaction du muriate de soude sur le carbonate de chaux.

Au surplus, quelle que soit la cause du phénomène, si nous remarquons qu'il n'existe dans la Morée presqu'aucune montagne sur lesquelles nous n'ayons trouvé des traces d'anciennes érosions tout-à-fait identiques à celle de la sphère actuelle de l'aura-marina, que la mer, à l'époque subapennine, découpoit par des golfes profonds toute la partie émergée de la surface du Péloponnèse, tellement qu'elle devoit être en totalité soumise à l'action de l'aura-marina, que de plus cette réaction du muriate de soude sur le carbonate de chaux produisait des sels solubles qui laissaient en excès le fer et la silice au milieu des débris calcaires, on devra admettre que cette terre rouge, observée depuis long-temps à la sur-

(1) Humphry Davy a observé à plus de 16 lieues de la mer des particules salines. Elles ont même été reconnues à la distance de 45 lieues, à la suite d'une violente tempête. (Voyez *Mémoires de l'Académie de Manchester*, janvier 1832.)

face de nos montagnes calcaires, est le produit de leur destruction lente par les agens atmosphériques secondés par l'aura-marina, pendant toute la période d'émersion.

Après avoir ainsi reconnu les principaux agens de destruction et de reproduction à la surface *émergée* du Péloponnèse, nous décrirons leurs produits, d'abord dans les bassins qui sont restés sans issue extérieure depuis la période subapennine, mais dont les dépôts ont été élevés et excavés à diverses reprises par la clôture et l'ouverture des dégorgeoirs souterrains; nous prenons pour exemple le bassin de Tripolitsa, qui montre des collines d'alluvion à deux niveaux différens, quoiqu'il soit entièrement fermé par de hautes montagnes.

Le bassin de Mégalopolis, fermé pendant l'époque subapennine et celle des alluvions ferrugineuses, mais ouvert, depuis, par une grande brèche près de Carytène, et profondément excavé par l'écoulement d'un lac et l'accroissement de pente des eaux torrentielles, nous présente ensuite quelques phénomènes particuliers. Passant de là aux vallées torrentielles et entièrement ouvertes, nous décrivons les alluvions ferrugineuses dans lesquelles sont creusés les lits actuels des torrens. Nous prouvons qu'elles sont le produit d'une action régulière et prolongée, et non pas d'un *diluvium*; et que depuis leur dépôt le sol du Péloponnèse a éprouvé un soulèvement général de 20 à 25 mètres. A ce dernier phénomène se rattache l'existence d'un dépôt de transport violent et instantané (diluvial), qui recouvre quelques terrasses peu élevées au-dessus de la mer.

Enfin les grandes vallées ouvertes, telles que

celles du Pamisus, de l'Alphée et de l'Eurotas, montreront dans leurs dépôts épigéiques quelques-uns des caractères des dépôts fluviatiles; les bornes de cet article nous obligent à supprimer tous ces détails et à nous restreindre aux phénomènes les plus remarquables que nous a présentés la vallée de l'Eurotas.

Phénomènes récens dans la vallée de l'Eurotas. Après le soulèvement et la dénudation du terrain tertiaire, la vallée de l'Eurotas présenta quatre bassins étagés : le plus élevé, au nord de Mistra, communiquait par des gorges avec le bassin principal qui, de Sparte, s'étendait jusqu'aux montagnes du Lycovouno. Un troisième bassin comprenoit toute la plaine d'Hiéraki, et les marais de l'Hélos formaient le quatrième. Les deux bassins les plus élevés furent mis à découvert dès les premiers soulèvemens du terrain subapennin; le troisième restait encore sous-marin, comme on en peut juger d'après la disposition et la nature des matières alluviales; il ne fut entièrement découvert que lors du soulèvement des alluvions ferrugineuses; et enfin, les marais de l'Hélos sont le produit de la période actuelle.

La destruction du terrain tertiaire a été telle dans toute cette vallée, qu'il n'en est resté que des lambeaux formant des collines qui s'élèvent jusqu'à 200 mètres au-dessus du niveau de la plaine. Des dépôts d'alluvion ont renplacé la formation subapennine, et on en reconnaît plusieurs d'âges très-différens. Le plus ancien est le grand amas, à la fois alluvien et détritique, qui flanque toute la base de la muraille dolomitique au pied du Taygète. Il dessine un talus rougeâtre, incliné à 45°, et d'une hauteur de 50 à 60 mètres,

depuis Mistra jusqu'à la région montueuse du Lycovouno. Ce dépôt est formé, ici, comme au pied de tous les anciens rivages escarpés de la Grèce, par des fragmens calcaires de toute grosseur, unis par le ciment calcaire et ferrugineux dont nous avons parlé ; ses caractères se rapprochent davantage des dépôts détritiques que des alluvions ; il repose sur la surface déjà dénudée du terrain tertiaire, et supporte de véritables alluvions d'un âge plus récent, quoique antérieur à la période actuelle ; celles-ci, beaucoup moins ferrugineuses, forment ces bancs réguliers et horizontaux, au-dessous desquels sortent les belles sources d'Ayani et de Slavo-Choico (Amyclée) ; à la surface de ce dernier dépôt, et surtout dans des excavations qui le sillonnent, on trouve à l'ouverture des gorges de Mistra et de Paroria un terrain de transport violent ou clysmien, un véritable diluvium. Il se compose d'un amas incohérent, de couleur grisâtre, formé de fragmens, de roches schisteuses et de sable quartzeux enveloppant des blocs d'anagénites, qui ont souvent plusieurs mètres de diamètre. Cet agglomérat contraste bien par sa couleur et sa nature (il n'est pas effervescent) avec les alluvions anciennes, formées de débris calcaires et de terres ocreuses, au milieu desquelles il repose dans le lit de la Pantalimonia, et dans la ville même de Mistra. Les blocs répandus en grand nombre à la surface du sol, sont distribués en traînées à partir de l'ouverture de la gorge jusqu'à la distance de 1500 à 2000 mètres, et ne peuvent manquer de fixer l'attention, autant par la beauté de la roche (anagénite verte à quartz rose) que par son étrangeté au milieu des allu-

vions de la vallée. Nous avons dit, dans la description des terrains anciens de la Morée (chapitre III, p. 100), que ces blocs provenaient des sommets de la chaîne, où ils forment des bancs au milieu du terrain des marbres talqueux, et que les anciens les avaient employés à faire des meules; la présence de beaucoup de ces meules antiques ou brisées, ou ébauchées, nous a signalé, dans la partie basse des jardins de Mistra, la position du bourg d'Aleisia, où, suivant Pausanias, la meule fut inventée.

Ce phénomène de blocs erratiques ne paraît pas limité à la gorge de Mistra; nous en avons trouvé, mais composés de calcaire ou de quartz, jusqu'au-dessous d'Amyclée. On voit, à en pouvoir douter, qu'ils ont été lancés dans la plaine, par les ouvertures étroites des gorges à une époque que l'on ne peut porter au delà du commencement de l'époque actuelle.

Les environs de Mistra montrent les résultats d'une catastrophe encore plus récente, et dont l'histoire nous a couservé le souvenir. Si on remonte les collines au nord de la ville dans la direction de Tripi et du beau cyprès de Stavro, que tous les voyageurs vont admirer, on trouve à la surface du sol des éminences qui, par leur forme étrange et leur composition, ne peuvent manquer de fixer l'attention.

Le sol, formé de schistes alumineux profondément ravinés, est recouvert de collines formées de grandes masses, et non de fragmens, de calcaires siliceux, de quartzites et de schistes de diverses natures entassées confusément. Les cassures sont encore fraîches et les arêtes vives, et en s'écartant du lieu où les principales masses sont en-

tassées, on voit de moindres débris reposer sur la terre végétale.

On ne peut douter, en voyant la forme de ces petites collines, la nature et le désordre des matériaux qui les composent, qu'elles ne soient le produit d'un éboulement du pic dit Paximadi, qui s'élève à 1500 mètres au-dessus de ces collines avec une des pentes les plus rapides de la chaîne du Taygète.

Si on rapproche ces observations des récits de l'antiquité sur le célèbre tremblement de terre qui, 469 ans avant Jésus-Christ, *renversa Sparte de fond en comble, ouvrit des gouffres nombreux dans la Laconie, et fit crouler un sommet du Taygète*, faits constatés par Cicéron, Plutarque, Strabon et Pline, auteurs dont le premier indique même la forme du sommet écroulé (1), on ne pourra douter que nous n'ayons retrouvé, après vingt-trois siècles, les débris de cette grande catastrophe.

(Extrait du cinquième chapitre, encore inédit, de la Description de la Morée : PHÉNOMÈNES RÉCENS, *par M. Boblaye.)*

---

(1) *Cùm et urbs tota corruit et ex monte Taygeto extrema montis quasi puppis avulsa est.* (Cic. De divin. Lib. I.)

SUR L'EMPLOI

de l'anthracite au haut-fourneau de Vizille.

par M. ROBIN, directeur des usines de Niederbrunn.

Les Alpes, mais surtout le département de l'Isère, si riches en productions variées du règne minéral, présentent aussi de nombreux gisemens d'anthracite. Aucune localité n'est mieux partagée sous ce rapport que le canton de Lamure, situé à sept lieues sud de Grenoble. Les masses de combustible qu'on y exploite depuis de longues années sont assez importantes pour suffire en grande partie aux besoins domestiques sur un rayon de plus de dix lieues.

Les arts tirent également partie de ce charbon; il est employé avec avantage à la cuisson de la chaux, du plâtre, au chauffage des chaudières; on l'a appliqué avec succès au traitement des minerais de cuivre, et au laminage de la tôle.

Dans d'autres contrées, particulièrement en Angleterre, on a essayé d'utiliser l'anthracite en l'employant pour la fusion des minerais de fer; mais toutes les tentatives faites dans ce but ont été loin de présenter des résultats satisfaisans. Ce combustible, mélangé dans la proportion de $\frac{1}{10}$ seulement avec $\frac{9}{10}$ de coke, occasiona des dérangemens si sensibles dans l'allure des fourneaux, que jamais on n'osa dépasser la proportion indiquée.

Ces précédens défavorables devaient imposer la plus grande circonspection à ceux qui n'eussent

pas craint de tenter encore la solution d'un des problèmes les plus épineux de la métallurgie.

Cependant en 1824, époque où l'industrie prit en France une extension si subite, il fut créé à Vizille un établissement spécialement destiné à la fusion des minerais de fer spathique par l'anthracite de Lamure.

La société qui l'exploitait, disposant de puissans moyens, n'épargna rien pour vaincre les difficultés d'une entreprise aussi hasardeuse et condamnée d'avance par les gens de l'art. Elle y sacrifia plus de 500,000 francs tant en constructions qu'en essais multipliés durant quatre années; mais des obstacles insurmontables la firent enfin désespérer de la réussite de ses projets et l'obligèrent à y renoncer. Toutefois les résultats intéressans obtenus dans cette entreprise unique méritent d'être consignés dans les annales de la science.

L'intelligence de cette note nécessite quelques détails sur les matières premières qui ont été employées à Vizille.

Anthracite. L'anthracite exploitée dans le canton de Lamure forme des couches nombreuses, d'inclinaisons et de puissance différentes, leur direction varie entre une et deux heures.

Ces couches sont encaissées dans un grès qui, reposant assez généralement sur des schistes talqueux, a été regardé pendant long-temps comme faisant partie des terrains de transition. Mais des recherches plus récentes ont fait reconnaître que le calcaire qui le recouvre ordinairement, et qu'on avait jusqu'alors considéré comme le type des calcaires de transition, n'était autre chose que le calcaire à belemnites appartenant à la formation

moyenne du lias. De plus, l'on remarque des alternances de ce calcaire avec le grès, ce qui établirait que celui-ci a dû nécessairement suivre le sort de la première roche.

L'examen des nombreuses empreintes végétales qui se rencontrent dans le grès, jette encore une grande incertitude sur les hypothèses antérieurement admises; en effet, cet examen constate une parfaite analogie de caractères de la plupart de ces plantes avec celles qu'on observe dans le grès houiller, tandis que les plantes du lias n'ont avec celles-ci rien de commun.

L'une ou l'autre hypothèse engagerait dans des raisonnemens contradictoires avec les idées reçues pour la distribution des végétaux et des coquillages des temps anciens dans les formations géologiques.

Le grès à anthracite varie beaucoup dans ses couleurs; son grain est communément gros; il renferme des paillettes de mica. Aux approches du combustible il devient schisteux, son grain est plus fin et sa couleur d'un gris foncé; on y distingue alors des empreintes végétales et du fer pyriteux en abondance.

L'anthracite est tantôt solide, tantôt friable; mais il est remarquable qu'on ne trouve jamais les deux variétés réunies dans une même couche.

En général les couches les plus puissantes, dont l'épaisseur varie entre 5 à 16 mètres, donnent l'espèce compacte qui seule a été employée à Vizille. Cette espèce est d'un noir parfait, son éclat un peu métallique est plus grand que celui de la houille, quelquefois elle est irisée. Sa cassure est conchoïde

quand elle est faite dans la masse du charbon; d'autres fois elle se divise suivant les petits feuillets de schiste qui la traversent, comme cela se voit dans les houilles; ou bien sa rupture est déterminée par de petites veines blanches, principalement calcaires, qui la traversent en divers sens et remplissent des fissures qui s'étaient sans doute formées antérieurement dans le charbon. C'est aussi suivant ces veines que l'anthracite se divise de lui-même par son séjour dans les magasins et donne lieu à un déchet assez notable. Sa densité est très-grande, puisque le mètre cube, tel qu'il passait au fourneau, pesait 950 kil. (non trié, son poids était de 1230 kil.), tandis que le poids du coke de Rive-de-Gier n'est que de 380 à 430 kil.; celui du charbon de bois varie entre 175 à 240 kil.

En raison de sa grande compacité, l'anthracite s'allume avec peine et se consume lentement.

Au feu il jouit d'une propriété que ne possèdent pas les autres charbons : il se réduit en fragmens dont la grandeur dépend généralement des petites veines dont il a été question. L'action expansive de l'humidité paraît entrer pour moins dans ce phénomène que la dilatation d'une matière aussi dense, car du charbon bien desséché donne encore lieu au même inconvénient; et, si la chaleur est assez forte pour qu'il n'ait pas le temps de se chauffer graduellement, il s'en détache en outre de petites esquilles semblables à celles que donnerait une masse de verre froid mis dans les mêmes circonstances.

C'est aux propriétés que possède l'anthracite de brûler lentement et de se diviser au feu qu'il

faut attribuer le peu de succès des tentatives faites à Vizille.

Un autre vice de ce charbon, quoique moins préjudiciable que le précédent, résulte de la grande quantité de pyrites qu'il contient; souvent visibles à l'œil, elles sont généralement épandues à un état de grande division dans sa masse, et dégagent, au moment de la combustion, une odeur sulfureuse des plus prononcées qui dénote leur présence.

L'anthracite brûle avec une flamme bleuâtre très-faible, et ne répand pas la moindre fumée. Soumis à la calcination, sa perte au feu, qui est presque insensible, peut être attribuée à un peu d'humidité et d'acide carbonique correspondant à la chaux carbonatée renfermée dans ses cendres: il ne contient donc pas de bitume.

Lorsqu'il est de bonne qualité, son résidu par l'incinération est à peu près de 4 p. 100, dans les autres cas il dépasse rarement 10. Sous le rapport de la pureté, ce combustible laisse donc peu à désirer, car les cokes de la Loire donnent 8 et même 14 p. 100 de cendres.

Les cendres d'anthracite sont composées de la manière suivante, d'après une moyenne prise en grand:

Silice.	58,4
Alumine et oxide de fer.	40,0
Chaux..	1,6
	100,0

Celles du coke de Rive-de-Gier, employé à Vizille, renfermaient :

Silice.	57,8
Alumine et oxide de fer.	34,4
Chaux.	7,2
	99,4

Avant d'être passé au haut-fourneau, l'anthracite était soigneusement trié et cassé en morceaux de la grosseur du poing; les schistes et le charbon, au-dessous de la dimension d'une noix, étaient écartés. On obtenait dans cette opération un énorme déchet. Ainsi, une provision de 414.812 kil., qui avait passé une année sous le hangard, donna les résultats suivans :

	kil.	p. 0/0.
Gros charbon à l'usage du haut-fourneau.	210.672	50,8
Charbon menu.	74.973	18,1
Poussière.	117.267	28,2
Schistes.	11.900	2,9
	414.812	100,0

Le déchet n'était pas aussi sensible sur des charbons fraîchement extraits, la moyenne de trois triages a donné :

Charbon pour le haut-fourneau.	60,8
Charbon menu.	9,1
Poussière.	26,9
Schistes.	3,2
	100,0

Si l'établissement eût prospéré, le charbon menu aurait pu être utilisé avec avantage dans les réverbères à rechauffer les fers, ainsi qu'on l'a fait voir dans une note sur l'affinage de la fonte, au moyen de l'anthracite (Annales des mines, 4e. livraison, 1829); mais la majeure partie de la poussière donnait un déchet réel, puisqu'on ne pouvait en employer qu'une faible quantité à griller de la mine et à calciner des pierres à chaux et à plâtre.

Minerais. Il serait superflu de faire mention de tous les minerais qui ont été exploités dans les nombreux

filons et couches sillonnant la formation de gneiss qui perce à Vizille et s'étend sur une grande partie des Alpes. Il suffira de dire quelques mots sur ceux de ces minerais qui ont été principalement employés aux essais.

On en distingue deux variétés différentes par leurs propriétés ainsi que par leur richesse : les uns sont magnésiens, les autres renferment en outre de la chaux. Ces derniers seraient trop pauvres pour mériter le traitement, si, en raison du bas prix auquel on les exploite et de leur composition, on ne trouvait pas l'avantage de les employer comme bons fondans. A leur défaut on employait une castine extraite du calcaire à gryphées dans l'une des carrières duquel le haut-fourneau avait été construit.

Deux analyses de chacune de ces espèces de mines ont donné les résultats suivans :

Minerai de Pierre-plate.

Quartz	2,60
Carbonate de fer	82,80
Carbonate de manganèse	3,40
Carbonate de magnésie	11,20
	100,00

Minerai des Halles.

Quartz	4,20
Carbonate de fer	67,67
Carbonate de manganèse	1,16
Carbonate de magnésie	24,78
Pyrites	1,64
	99,45

Minerai du grand filon.

Quartz.	1,08
Carbonate de fer.	26,16
Carbonate de manganèse.	0,85
Carbonate de magnésie.	23,14
Carbonate de chaux.	48,23
	99,46

Minerai de Corniglion.

Quartz..	4,20
Carbonate de fer.	24,51
Carbonate de manganèse.	1,20
Carbonate de chaux.	48,24
Carbonate de magnésie.	20,65
	98,80

La fonderie de Vizille a aussi fait exploiter quelques filons de fer carbonaté décomposé. Cette mine, connue dans le pays sous le nom de *mine douce*, est analogue, par l'effet qu'on en obtient dans son traitement, aux mines grillées long-temps exposées à l'air.

Dans leur exploitation en grand, les mines riches retiennent 15 à 20 p. 100 de gangue, les autres beaucoup moins.

Pendant le grillage, auquel on les soumet ordinairement, les premières perdent 15 à 18 p. 100, seulement en acide carbonique; alors elles rendent 38 à 42 dans les hauts-fourneaux. Mais cette opération, pratiquée d'abord à Vizille, a été abandonnée, par le motif que les mines se réduisent en poussière lorsqu'elles se refroidissent en sortant des fours à griller. Chargées dans cet état au haut-fourneau avec l'anthracite qui se

changeait aussi en poussière très-ténue, la circulation de l'air devenait presque impossible.

Les mines ont donc été passées à l'état cru, réduites en fragmens un peu plus petits que le charbon.

La question de savoir si les fers spathiques, dont la réduction est en général si facile, ne présenterait pas des difficultés dans leur traitement par un combustible minéral dans un fourneau élevé, avait aussi éveillé la sollicitude des métallurgistes. Elle a été favorablement résolue: sous ce rapport cette espèce de minerais ne laisse rien à désirer.

Le haut-fourneau, construit pour faire les essais, n'avait rien qui le distinguât des hauts-fourneaux au coke; seulement ses dimensions n'étaient pas des plus fortes. Haut-fourneau

La hauteur, depuis le fond du creuset jusqu'au gueulard, était de 13 mètres.

Le creuset avait 2^{m},25 de longueur, 0^{m},65 de large et 0^{m},70 de haut.

L'ouvrage, de forme conique, avait, depuis le creuset jusqu'à la naissance des étalages, 1^{m},80 de hauteur; près du creuset, son diamètre était de 0^{m},65; aux étalages de 1^{m},20.

Les étalages, en forme d'une pyramide tronquée à huit pans renversés, s'élevaient à la hauteur de 1^{m},50; à leur raccordement avec la cuve supérieure, la largeur du fourneau était de 3^{m},15.

La hauteur, depuis le fond du creuset jusqu'au ventre, montait donc à 4 mètres et, depuis cet endroit jusqu'au gueulard, à 7 mètres. Le diamètre de celui-ci égalait 1^{m},20; il était surmonté d'une cheminée de 4^{m},25.

L'intérieur du fourneau était entièrement con-

struit en briques réfractaires d'argile de Bollène mêlée de sable quartzeux.

Trois thyères dont deux placées sur les costières, l'autre un peu plus haut en face de la tympe, donnaient la facilité de varier à volonté le soufflage.

Soufflerie. Une machine soufflante, d'une puissance de 80 chevaux, permettait de disposer de tout le vent dont on pouvait avoir besoin. Elle était d'une régularité parfaite.

1re. mise à feu. Le vent a été mis pour la première fois au haut-fourneau de Vizille, le 13 avril 1827.

Il était naturel de penser que la première série d'essais sur une matière neuve donnerait lieu à des difficultés dont les causes ne pouvaient pas être prévues.

Pour les éviter autant que possible, et pour qu'elles ne se présentassent que successivement, la mise à feu eut lieu avec du coke de Rive-de-Gier, auquel on substitua successivement l'anthracite par dixièmes.

Aucun accident ne se présenta avec le coke pur, les fers spathiques donnèrent des fontes d'une qualité excellente.

Les trois premiers dixièmes d'anthracite passèrent sans peine; mais, pendant que les deux dixièmes suivans se chargeaient, il arriva au fourneau des dérangemens fréquens qui furent attribués en partie à la ténuité des minerais qui étaient grillés, et aussi à celle de l'anthracite; mais surtout à des accidens survenus à plusieurs reprises à la machine soufflante.

Une dernière rupture à la soufflerie obligea

de mettre hors feu le 21 juin, après 70 jours de campagne. (A cette époque j'arrivai à la fonderie.)

Entrer dans les détails de ce fondage, dont les résultats ont été incertains, serait s'exposer à des répétitions en parlant des essais suivans qui, en raison de l'expérience déjà acquise, ont pu être conduits avec plus de régularité.

Après la réparation de la machine soufflante et du haut-fourneau, la seconde mise à feu eut lieu le 19 janvier 1828.

Afin de n'avoir à attribuer qu'à l'anthracite seul les accidens qui pouvaient survenir pendant cette nouvelle campagne, les charges furent réglées de manière que la quantité de mine se trouvait toujours un peu au-dessous de celle que le charbon pouvait porter, de manière à avoir toujours des fontes grises. Les autres qualités de fontes indiquaient un dérangement dans le fourneau; ce n'est que lorsque les essais sur le combustible furent achevés, qu'on s'occupa de rechercher combien de minerai il pouvait fondre. 2e. mise à feu.

La composition des lits de fusion n'a presque point varié pendant les essais sur le charbon; ils recevaient à peu près deux tiers de mine riche et un tiers de mine pauvre, et quelquefois en outre une quantité de castine fort petite pour arriver à de bons laitiers.

L'expérience eut bientôt appris quelle composition de laitiers était la plus convenable pour assurer une bonne marche au fourneau. Sur ce point on n'eut pas à s'écarter de la composition des laitiers des fourneaux au coke; 30 à 33 p. 100 de chaux, 15 à 20 d'alumine, de magnésie et d'oxide de manganèse, le reste en silice, étaient

les bases principales desquelles on ne pouvait pas s'écarter sans rencontrer des difficultés. Avec moins de 30 p. 100 de chaux, les laitiers devenaient visqueux, empâtaient les poussières d'anthracite et formaient des dépots dans le creuset ainsi que dans l'ouvrage. En dépassant cette proportion, l'excès de chaux se portait sur les briques du fourneau et les fondait. Un excès de magnésie donnait aussi des laitiers très-réfractaires, on s'en apercevait dans l'emploi du minerai des Halles, qu'on ne pouvait passer qu'avec ménagement.

Au lieu de mettre le fourneau à feu avec du coke pur, il était intéressant de savoir si cette opération pouvait être faite avec $\frac{5}{10}$ de coke et $\frac{5}{10}$ d'anthracite, proportions de charbon auxquelles les premiers essais avaient été arrêtés. La réussite de cette opération importait dans l'intérêt de l'établissement, puisque le coke ayant 24 lieues de distance à parcourir coûtait extrêmement cher. On procéda donc comme il suit, pour la mise à feu, avec les précautions employées dans les fourneaux au coke et avec l'attention de proportionner le vent à la densité du nouveau combustible.

Le fourneau fut rempli à moitié avec du charbon; pendant le chauffage on remplaça successivement celui qui se consumait par des charges composées de 300 kilog. de charbon et un pareil poids de minerai, c'est-à-dire environ les deux tiers de la mine d'une pleine charge.

On opéra ainsi pendant 23 jours après avoir fait 22 grilles. A cette époque, la mine se fit sentir aux tuyères, on donna le vent par deux tuyères opposées avec des buses de 0m,052

(23 lignes) de diametre. La pression du manomètre à mercure, d'abord très-faible, fut portée bientôt à $0^m,07$ (20,7 lig.); au bout de 3 jours les charges remplissaient entièrement le fourneau.

Cette manière d'opérer ne produisit pas de résultats satisfaisans, il fut impossible de mettre le fourneau en bonne allure après six jours de tentatives variées.

Le vent ne traversait les charges qu'avec difficulté, il ressortait par les tuyères, et l'on avait beaucoup de peine à le maintenir vers la tympe; lorsqu'il se faisait jour à cette partie du fourneau, il projetait les laitiers avec force hors du creuset.

Les charges descendaient lentement, le bas du fourneau était encombré d'anthracite en poussière, qui empêchait le laitier, d'ailleurs peu abondant, de baigner et de chauffer convenablement toutes les parties du creuset. Les laitiers étaient en outre battus par le vent qui atteignait ainsi la fonte, et la rendait si épaisse, qu'elle se figeait contre la dame, d'où on l'enlevait par morceaux. Pour éviter ce dernier inconvénient, on ouvrit la tuyère vis-à-vis de la tympe, afin de réchauffer le devant du creuset, et aussi pour tâcher de mieux faire monter le vent. La pression fut élevée peu à peu jusqu'à $0^m,14$ (5 p. 2 lig.); mais tous ces efforts furent inutiles. On supprima la troisième tuyère, qui ne produisait pas d'autre effet que de paralyser celui de l'une ou de l'autre des tuyères des costières; elles devenaient sombres, et le vent en sortait en entraînant souvent les laitiers et le charbon menu.

Les laitiers, généralement bien dépouillés, devenaient de temps en temps noirs. La première

fonte que l'on observa était blanche; elle passa au truité le second jour, ce qui prouvait une amélioration dans l'allure du fourneau : mais elle reprit bientôt sa première qualité, et elle alterna ainsi pendant plusieurs jours.

Comme il ne descendait que 20 à 22 charges en 24 heures, les matières fondues arrivaient lentement dans le creuset; le travail sec qui en résulta ne put être changé en chargeant d'assez fortes quantités de laitier au lieu de minerai.

Ce n'est que le sixième jour après la mise du vent qu'on parvint à faire une faible coulée de fonte blanche.

Pour sortir de cet état, qui s'était à la vérité amélioré un peu, on chargea du coke pur pour reprendre les essais de ce point.

Peut-être aurait-on réussi dans cette tentative si on eût rempli le fourneau de charbon avant de faire les grilles et si l'on eut chargé avec un peu plus de mine, au moment de la mise du vent, en mettant, au lieu de minerai grillé en poussière que l'on employait encore à cette époque, de la mine crue en morceaux. La présence du charbon pur devant les tuyères aurait permis de souffler avec une force graduée jusqu'à l'arrivée de la mine; de cette manière toute la colonne de matière se serait échauffée, le tirage aurait été facilité; et, en préparant de longue main les matières à la fusion, on aurait encore évité un autre écueil dans lequel on craignait de tomber, celui de dégrader le fourneau en le poussant trop vite.

A l'arrivée du coke devant les tuyères, le fourneau se remit comme par enchantement, le tirage devint excellent, les charges doublèrent de

vitesse ; les laitiers, d'une fluidité parfaite, devinrent blancs, nuancés de bleu à leur surface, et ne présentèrent que des traces d'oxide de fer à l'analyse.

La première coulée donna de la fonte traitée presque grise. La flamme du gueulard, qui auparavant était sombre et faible, monta subitement et acquit la beauté qui est un des caractères de la flamme des fourneaux au coke.

Afin de ne pas brûler inutilement du coke, on plaça de suite deux nouvelles buses de $0^m,04$ (18 l.) de diamètre ; et l'on souffla avec $0^m,11$ (4 p. 1 l.) de pression ; malgré cela on fit jusqu'à 42 charges en 24 heures.

Bientôt on passa le premier dixième d'anthracite, puis $\frac{2}{10}$; à cette époque on remplaça la mine pauvre grillée par du minerai cru : aucun changement ne fut remarqué dans la bonne marche du fourneau.

Avec $\frac{3}{10}$, même allure, si ce n'est que les poussières d'anthracite commencèrent à se montrer ; en outre, on s'aperçut d'un ralentissement dans la descente des charges ; le vent ressortait par les tuyères.

Avec les $\frac{4}{10}$, mêmes phénomènes. A ce point du fondage, on substitua aussi, à la mine riche grillée, la moitié de son poids de minerai riche cru.

Les $\frac{5}{10}$ ne changèrent rien à l'allure parfaite du fourneau. On était alors arrivé au point où les premiers essais se trouvèrent arrêtés. Le fourneau marcha aussi bien qu'avec le coke, les laitiers ne changèrent pas un instant, les fontes très-grises étaient d'un fort beau grain et d'une tenacité remarquable.

Les trois premiers dixièmes d'anthracite, qui n'avaient pas présenté de difficultés dans les pre-

miers essais, furent chargés très-vite, et en moins de 13 jours on était arrivé aux $\frac{5}{10}$.

Comme le champ à parcourir depuis cet instant était encore inconnu, on s'arrêta plus longtemps pour juger de l'effet produit par chaque nouvelle proportion d'anthracite.

Cependant les $\frac{6}{10}$ passèrent aussi bien que les autres.

La marche du fourneau fut encore très-régulière avec $\frac{7}{10}$; mais la fonte se truita légèrement vers la fin de cet essai; on réussit sans peine à la ramener au gris.

Les fontes grises à $\frac{6}{10}$ et $\frac{7}{10}$ d'anthracite étaient d'un gris moins foncé que celles obtenues antérieurement, leur grain était plus serré et moins égal.

A l'intant où il y eut production de fonte truitée, les laitiers devinrent blancs.

Pendant toute cette campagne on a remarqué constamment cette loi dans les laitiers; que pour les fontes grises ils étaient bleuâtres; d'un blanc parfait pour les fontes presque truitées, ou truitées grises; d'un brun clair pour les fontes truitées blanches, et d'un brun foncé ou noir pour les fontes blanches. Cependant celles-ci se produisaient quelquefois avec d'assez beaux laitiers; alors leur qualité était due à une sorte de finage qu'elles éprouvaient dans le creuset, lorsque le vent battait fortement le laitier et atteignait la fonte mise à nu; ou bien encore lorsque la fonte s'affinait au-dessus des tuyères par une descente trop lente des charges.

La marche, jusqu'alors régulière, du fourneau changea avec les $\frac{8}{10}$ d'anthracite; la poussière de charbon, déjà si abondante, commença à gêner; le tirage devint sensiblement plus difficile, l'air était rechassé plus fortement par les tuyères, les

fontes devinrent truitées, puis blanches; les ayant ramenées au truité, elles changèrent de nouveau. Les laitiers passèrent ainsi à plusieurs reprises par toutes les nuances, même au bleu. Les matières rougissaient avec peine au gueulard, la flamme s'y affaiblissait et les charges commencèrent à descendre irrégulièrement, souvent par chutes.

Le fourneau n'était pas difficile à conduire dans cet état; mais des tentatives de toute nature faites pendant neuf jours, pour le ramener à une meilleure allure, furent inutiles.

Alors on chargea les $\frac{9}{10}$ d'anthracite, les mêmes phénomènes continuèrent à se manifester, mais d'une manière encore plus prononcée. Les charges descendirent avec une lenteur extraordinaire; les fontes blanches devinrent pâteuses; leur cassure faisait cependant voir quelquefois des points truités.

D'après ces antécédens il était facile de voir qu'il serait impossible de faire aller le fourneau avec $\frac{9}{10}$ d'anthracite, même avec $\frac{8}{10}$. Cependant il était décidé que les essais seraient poussés jusqu'à l'extrême, en dépit de tous les dangers que pourrait courir le fourneau; aussi chargea-t-on pendant quatre jours de l'anthracite pur.

Lorsqu'il arriva dans l'ouvrage, la situation, déjà si pénible, du travail augmenta encore.

On remarqua, mais d'une manière plus prononcée, les mêmes accidens qu'à l'époque de l'essai de mise à feu avec moitié d'anthracite.

Le tirage et la flamme furent presque nuls au gueulard, l'air ressortait par la tympe et par les tuyères, en entraînant souvent, par ces issues, les laitiers, le charbon et même la fonte. Celle-ci de-

vint si épaisse, qu'on fut obligé de l'arracher presqu'en entier du creuset à coups de ringards et de masses. Ce n'est qu'en enlevant la dame, en bouchant le dessus de la tympe avec de l'argile, et en y faisant, toutes les deux ou trois heures, des percées qui laissèrent sortir en même temps les laitiers avec la fonte, qu'on parvînt à réunir quelques gueusets dont l'ensemble pesait quelques centaines de kilogrammes seulement.

La fonte à l'anthracite était d'un blanc grisâtre, à facettes très-petites, un peu rayonnée. A sa surface, elle était criblée d'une infinité de petites soufflures, provenant de l'effervescence qui accompagne les fontes ayant subi un fort degré d'affinage. La cassure offrait souvent des parties caverneuses tapissées de végétations irisées, de la forme de celles qu'affecte souvent l'argent natif.

Les laitiers qui accompagnaient les petites coulées de fonte étaient demi-vitreux, d'une couleur jaune brun, par conséquent assez bien dépouillés.

Avant l'arrivée, aux tuyères, de chargemens à $\frac{7}{10}$ d'anthracite que l'on fit succéder aux charges à anthracite pur, pour remettre le fourneau, sa situation empira encore, les petites percées ne purent être continuées long temps, parce que la fonte demi-affinée s'attacha aux parois du creuset, qui s'engorgea en grande partie. On arrêta les progrès du nouveau mal en faisant une percée aussi bas que possible, par laquelle on laissa couler les matières fondues pendant des heures entières. De temps en temps on referma l'ouverture pour maintenir la chaleur dans le haut du fourneau.

A l'arrivée des nouvelles charges le fourneau

se remit bientôt; mais, pour se débarrasser de l'engorgement, on fut obligé de revenir pendant quelque temps à du coke pur.

Il serait trop long de parler de tous les moyens qui ont été employés pour maintenir le fourneau dans une allure tolérable; cependant, on ajoutera que la pression du vent fut portée, pendant deux jours, de 0m,19, à 0m,20 (7 pouces à 7 pouces 4 lignes et demie) avec deux buses de 0m,067 (30 lignes), tandis que pour $\frac{1}{10}$ d'anthracite on n'employa que des buses de 0m,054 (24 lignes) avec 0m,13 (4 pieds 6 lignes un quart) de pression, et pour $\frac{7}{10}$ d'anthracite, les mêmes buses avec 0m,15 à 0m,16 (5 pouces 6 lignes et demie à 5 pouces 11 lignes) de pression.

Cette énorme pression donnée à l'air fut insuffisante pour lui faire traverser convenablement les charges. On fut alors porté à penser que si la colonne de matière était moins grande on obtiendrait plus facilement cet effet; on laissa baisser les charges à 6 pieds au-dessous du gueulard, puis à 10 pieds, mais sans succès.

Lorsque le fourneau fut rétabli au moyen du coke, on repassa en 9 jours, et sans éprouver aucun accident, aux $\frac{7}{10}$ d'anthracite, et l'on s'arrêta à cette proportion, avec laquelle on pouvait marcher commodément pour faire quelques autres essais, notamment pour chercher à connaître le maximum du minerai qui peut être fondu dans cette circonstance.

Il fut reconnu que l'on conservait des fontes grises avec des charges composées de 200 kilog. de charbon et 310 kilog. de minerai cru, dont 100 de mine pauvre, mais que passé cette limite les fontes devenaient truitées.

A ce point, on fit 21 charges par 24 heures, elles rendirent seulement 1.610 kilog. de fonte, on brûla 2,60 de charbon pour 1 de fonte, et la minerai ne rendit que 24,73 p. 100.

Le fourneau était difficile à conduire ; lorsqu'on augmentait le vent, pour hâter la descente des charges, il ne les traversait pas assez facilement et se perdait en partie par les tuyères.

On pensa que cet inconvénient disparaîtrait si les charges avaient moins de hauteur, et pour la troisième fois, dans le cours de ces essais, on les fit descendre à 10 pieds au-dessous du gueulard.

Cette dernière tentative semblait promettre de meilleurs résultats que ceux des premiers essais, pendant lesquels le fourneau était déjà complétement dérangé. Non-seulement le vent continua à être repoussé aussi fortement, mais les fontes devinrent blanches. Les poussières accumulées dans le bas du fourneau s'opposaient évidemment à la circulation de l'air. Le changement survenu dans la qualité de la fonte provenait peut-être de ce que les matières, étendues sur une plus grande surface au gueulard, ne pouvaient plus se chauffer convenablement : la flamme se portait tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et laissait froide l'autre partie du fourneau.

Il est présumable que dans un fourneau de 30 pieds, avec des dimensions proportionnées à cette hauteur, on aurait obtenu des fontes grises ; mais l'air n'aurait pas pour cela pénétré plus aisément à travers les charges.

La mine pauvre, chargée dans la proportion d'un tiers, fut remplacée par de la mine riche ;

mais, au moyen de ce nouveau traitement, le fourneau ne produisit pas assez de laitiers, le travail devint sec et la fonte pâteuse, à cause du finage qu'elle subissait.

Les mines grillées offrant des difficultés, à raison de leur ténuité, on chercha à les cimenter avec de l'argile pour les passer à l'état de briques; mais sous cette forme elles n'étaient pas assez résistantes, et auraient été écrasées dans le fourneau. Des briques de mine et de chaux vive donnaient lieu au même inconvénient, ce n'est qu'avec une proportion de chaux trop forte pour le lit de fusion qu'on parvint à faire des briques assez solides; mais, comme elles durcissaient lentement, en hiver, cette opération eût été impraticable.

Aucun expédient ne put donc être trouvé pour augmenter une si faible production; tandis qu'avec du coke pur, en employant des mines grillées rendant 38 seulement, et sans pousser le vent au delà du degré indiqué plus haut, on brûlait 10.250 kilog. de coke par jour et on obtenait 60.37 kilog. de fonte', pendant le même temps, avec des poids égaux de mine. Comme 310 kilog. de mine crue était la limite à laquelle il fallait s'arrêter avec $\frac{7}{11}$ d'anthracite, et que 200 kilog. de coke pur avaient porté 318 kilog. de mine grillée qui demande sans contredit plus de chaleur, pour sa réduction, qu'une matière renfermant beaucoup d'acide carbonique, on doit admettre que le coke peut recevoir plus de mine que l'autre charbon. D'ailleurs on a vu les fontes se rapprocher du blanc avec chaque nouvelle proportion d'anthracite. Cet effet doit être attribué à la nature même de ce combustible,

ou à la difficulté avec laquelle ses poussières permettent la circulation de la quantité d'air nécessaire pour élever suffisamment la température; c'est un point de doute qu'il n'est pas possible d'éclaircir.

Depuis la reprise avec du coke, après le dérangement survenu par l'anthracite, on a observé la plus grande identité entre tous les phénomènes survenus avant et après cette opération.

Le tableau suivant indique les quantités de charbon brûlées par 24 heures avec du coke pur et les différentes proportions d'anthracite. Il donne une idée du ralentissement qu'a éprouvé le fourneau à mesure qu'on a augmenté cette proportion.

L'anomalie qu'on remarque pour les $\frac{3}{10}$ et $\frac{4}{10}$ d'anthracite provient de ce qu'on a supprimé, pour la dernière proportion, une partie de la mine grillée, ainsi que cela a été indiqué plus haut; dès cet instant les charges ont marché un peu plus vite.

Proportions d'anthracite.		Coke et anthracite brûlés en 24 heures.
0	——	10250.
$\frac{1}{10}$	——	9750.
$\frac{2}{10}$	——	8780.
$\frac{3}{10}$	——	6500.
$\frac{4}{10}$	——	7250.
$\frac{5}{10}$	——	6250.
$\frac{6}{10}$	——	5250.
$\frac{7}{10}$	——	4200.
$\frac{8}{10}$	——	3750.
$\frac{9}{10}$	——	3250.
$\frac{10}{10}$	——	2500.

Les fontes produites avec les diverses propor-

tions d'anthracite étaient de bonne qualité; fabriquées avec un léger excès de combustible, elles étaient très-recherchées pour les moulages à cause de leur grande tenacité. Les autres donnèrent, par les méthodes d'affinage à l'anglaise, des fers excellens.

Ce résultat mérite d'être mentionné, car, à cause de la grande quantité de pyrites que renferme l'anthracite, on aurait dû s'attendre à obtenir des fontes sulfureuses. Cet inconvénient a été évité toutes les fois que la proportion de chaux était convenable dans les laitiers. Les fers spathiques eux-mêmes fournissaient aux laitiers de l'oxide de manganèse, dont la base a une grande tendance à s'unir au soufre. Le laitier à l'anthracite pur a donné, à l'analyse. 1,96 p. 100 de soufre, un autre laitier à $\frac{5}{10}$ d'anthracite en renfermait 1,20.

Les fontes auraient été fabriquées à Vizille à des prix tels qu'il eût été impossible à l'établissement de se soutenir, au moment où l'on achevait les essais, même dans l'hypothèse d'un roulement avec deux fourneaux.

Les fontes seraient alors revenues, savoir :

les fontes au coke à. . . .	24fr., 83
celles à $\frac{1}{10}$ d'anthracite à. .	23 , 50
celles à $\frac{5}{10}$ d'anthracite à. .	22 , 87
celles à $\frac{7}{10}$ d'anthracite à. .	27 , 91

La fabrication avec moitié de chacun des combustibles aurait été la moins désavantageuse. Avec plus de coke, la valeur des fontes devait croître en raison du prix élevé de ce combustible; en employant au contraire une plus grande quantité d'anthracite, les frais généraux in-

fluaient trop sur une faible production journalière.

La fusion des fers spathiques, au moyen de l'anthracite pur, a donc été résolue, scientifiquement parlant, à la fonderie de Vizille; cependant cette opération n'a pu être exécutée qu'avec les plus grandes difficultés.

L'établissement aurait pu marcher commodément avec de l'anthracite mélangé avec du coke dans la proportion de $\frac{5}{10}$; mais la société qui l'exploitait renonça à son entreprise à une époque où le commerce des fers, et plus particulièrement les usines à l'anglaise, se ressentirent d'une crise qui, en ce moment, n'est point encore passée pour la plupart d'entre elles.

DESCRIPTION

Des résultats obtenus, en Russie, dans l'usine de Soumboul, *dans la fonte des minerais de fer avec le bois non carbonisé.*

Par M. BOUTTENEFF, officier des mines de Russie.

(Extrait des *Annales des Mines russes*, par M. de Teploff.)

L'usine de Soumboul où ont été faits les premiers essais de ce procédé, est située dans le gouvernement de Wybourg, à 80 verstes de Saint-Pétersbourg : elle consiste en un haut-fourneau et un atelier de moulage.

Le minerai qu'on y traite est un oxide hydraté-siliceux (fer de limon); il se recontre en abondance aux environs de la fonderie. On le distingue en trois espèces : la première, dite *minerai rouge*, est par blocs assez épais; la deuxième, dite *minerai noir*, est en fragmens de la grosseur du poing; la troisième, dite *minerai blanc*, est en grains irréguliers et contient de l'oxide de manganèse. Le minerai est fondu tel qu'il sort de la mine, quelquefois même il est humecté.

Le fondant consiste en un sable blanc, quartzeux, qu'on extrait d'une montagne voisine.

Le combustible est du bois de pin et de sapin; il est coupé en bûches de 2 *archines* de longueur (1). Il doit avoir été séché en plein air;

(1) L'archine ou l'aune russe vaut 0m,711.
La sajène ou toise russe vaut trois archines, ou 2m,133.

mais il paraît qu'une dessiccation complète n'est pas indispensable. Il faut néanmoins éviter l'emploi simultané de bois vert et de bois sec, parce que l'inégale combustion pourrait produire des explosions.

La machine soufflante se compose de quatre cylindres en bois; les pistons sont mus par une roue hydraulique. L'air se rend d'abord dans un réservoir, d'où il est conduit au fourneau par une buse, dont le diamètre varie, suivant l'époque de l'opération, de 1 $\frac{1}{2}$ pouce à 2 $\frac{1}{2}$ pouces. La quantité totale d'air fournie varie entre 984 et 2.460 pieds cubes par minute.

Le fourneau est un peu différent des hauts-fourneaux ordinaires : le creuset a 21 pouces anglais de largeur à la base, et 2 pieds à sa partie supérieure; sa hauteur est de 5 pieds 10 pouces, ainsi que celle des étalages. La hauteur de la cuve, depuis le sommet des étalages jusqu'au gueulard, est de 16 pieds 4 pouces. Conséquemment, la hauteur totale du fourneau, depuis la base du creuset jusqu'au gueulard, est de 28 pieds ou 4 sajènes. La largeur de la cuve, comptée de la paroi de la tuyère à la paroi opposée, est de 5 pieds 3 pouces. La distance entre les deux autres parois est de 4 pieds 8 pouces.

Le creuset est en sable quartzeux venu d'Angleterre; les étalages et la cuve sont revêtus de briques réfractaires.

Pour mettre en feu, on remplit le creuset entier et tout l'espace des étalages avec du bois d'une archine de longueur; et, quand on y a introduit le feu par l'ouvrage et par la tuyère, on jette dans le fourneau des bûches de 2 archines, en ayant soin de les égaliser autant qu'il est possible, à me-

sure qu'on s'approche du gueulard. On fait ensuite quelques charges en laitiers, puis en minerai, en commençant par une charge du poids d'un poud (1), et en s'élevant successivement jusqu'à 6 pouds, et même au delà. Quand le métal commence à descendre au fond du creuset, on fait jouer les soufflets, en ne donnant d'abord que très-peu de vent. Chaque charge en minerai exige $\frac{1}{6}$ de sajène, ou 3 archines cubes de combustible. Les bûches, tassées autant que possible, sont toujours placées horizontalement, leur longueur dans la direction de la paroi de la tuyère à la paroi opposée. On a soin de jeter le minerai au centre du fourneau, et d'en mettre le moins possible vers la paroi de la tuyère, afin qu'elle ne soit pas encombrée par les laitiers. La quantité de sable qu'on ajoute comme fondant varie entre un quart et un demi poud par charge : on en met d'autant plus, que le minerai est plus riche.

Avant de procéder à une nouvelle charge, on s'assure que l'affaissement de la précédente s'est fait uniformément; dans le cas contraire, on remplit les vides par des bûches que l'on place en travers.

Le bois, recouvert par le minerai, ne se réduit par totalement en cendres, mais il se change en charbon ; et, s'il est sec, il est probable que cela ne s'opère que dans un espace d'une et demie ou deux archines; les raisons qui viennent à l'appui de cette opinion sont : 1°. que, plus bas, les bûches, contenant intérieurement des parties non encore carbonisées, devraient dégager une quantité considérable de gaz capable de produire des explosions, de faire soulever les matières et de les

(1) Le poud vaut 16$^{kil.}$,372.

projeter hors du fourneau, ce qui n'a jamais lieu ici; 2°. la charge de minerai que supporte le combustible étant, par exemple, de 14 pouds pour 3 archines cubes de bois, c'est à peine alors si le métal pourrait se saturer d'une quantité de carbone suffisante pour produire de la fonte douce; 3°. pendant le travail, c'est-à-dire quand on retire les laitiers du fourneau on entraîne avec eux des morceaux de charbon qui, lorsqu'il est refroidi, est sonore, assez compacte, et dont la cassure est brillante, de même que le charbon ordinaire provenant du bois brûlé en tas; 4°. au devant de la tuyère on voit des charbons incandescens recouverts de métal et de laitiers. La célérité avec laquelle les charges se succèdent n'est pas constante, elle dépend du degré de dessiccation du bois, de la quantité de minerai de chaque charge, et de la quantité d'air introduite par les soufflets dans le fourneau. Pendant mon séjour à la fonderie de Soumboul, le nombre des charges passées dans le cours des vingt-quatre heures était de 20 à 29.

Les laitiers ne sortent jamais ici par-dessus le seuil du creuset (la dame), par la raison, 1°. que l'on a soin de tenir l'ouverture de l'ouvrage toujours couverte de menu charbon pour l'empêcher de se détériorer, et en même temps pour que l'air ne puisse s'échapper par cette issue; 2°. que les laitiers sont toujours épais et ne peuvent sortir d'eux-mêmes; 3°. qu'il est rare que le métal s'amasse dans le fourneau, au point que les laitiers puissent s'élever au-dessus du seuil.

Lorsque la marche du fourneau est régulière, on ne travaille au creuset que trois fois en 24 heures. Mais, si la charge est très-considérable, le travail se répète suivant que le besoin l'exige.

Les laitiers, comme il a été dit, sont presque toujours épais, et ils contiennent quelquefois des parties de fonte qui n'ont pu s'en séparer. Les laitiers, provenant d'un travail donnant de la fonte douce, sont généralement de couleur claire et contiennent beaucoup de graphite; mais, à mesure que la fonte perd son excès de carbone, les laitiers contiennent moins de graphite, ils se vitrifient davantage, prennent un aspect foncé ou presque noir, et, dans le moment de la coulée, ils sont plus liquides que dans le cas précédent.

Je ne dois pas omettre de dire que, dans l'opération de la fonte au bois l'allure du fourneau, autant que j'ai pu le remarquer, est moins sujette aux influences atmosphériques que celle où l'on emploie le charbon de bois. La seule raison que je trouve pour l'explication de ce phénomène, c'est que le bois attire moins l'humidité de l'air que le charbon. Néanmoins, l'introduction de l'air humide dans la fonte au bois est sans contredit toujours nuisible, surtout lorsque la charge est très-considérable; et j'en ai été témoin à l'usine de Soumboul.

La coulée se fait ordinairement une fois par 24 heures. La fonte n'est pas toujours égale. Pendant mon séjour à Soumboul, elle s'est trouvée, pour la plus grande partie, de la qualité n°. 1 et n°. 2. La fonte la plus douce, celle dont les laitiers renferment beaucoup de graphite, n'est jamais d'une teinte foncée; ce qui dépend indubitablement de la nature du minerai; cette fonte éprouve peu de retrait par le refroidissement. La fonte n°. 2, qui est tachetée à sa surface, dont les laitiers ne contiennent pas de

graphite, ne présente presque aucune différence avec la fonte n°. 1. En général, la fonte de Soumboul est peu compacte, mais très-propre au moulage des ouvrages unis, parce qu'elle est généralement tendre.

La quantité de la fonte coulée varie d'après le nombre des charges et la quantité de minerai dont chacune se compose. En outre, la différence du produit en fonte des charges est en raison de la richesse en métal du minerai de chacune. C'est de là qu'il arrive parfois que, de deux charges égales, la plus considérable donne de la fonte en moindre quantité que l'autre charge. La plus grande coulée qui ait eu lieu pendant que j'étais à Soumboul, s'éleva à 115 pouds de fonte, qui furent fournis par 360 pouds de minerai en 24 charges.

Pendant tout le temps de mon séjour dans l'établissement, depuis le $\frac{10}{22}$ février jusqu'au $\frac{10}{22}$ mai, il y a été fondu 23.192 pouds de fer de limon, quantité de minerai dont on a obtenu 6.899 pouds de fonte; ce qui fait, par conséquent, plus de 29 pour cent; on y a employé 328 $\frac{1}{6}$ sajènes cubes de bois; d'où il est facile de déduire que pour obtenir 100 pouds de fonte, il a fallu $321^{p},6$ de minerai et 4,7 sajènes cubes de bois; ou bien que pour avoir 1000 kilog. de fonte, il a fallu 3.216 kilog. de minerai, et $27^{m.c.},83$ de bois.

Or, il résulte des calculs de M. Knaûff, que 1 mèt. cub. de bois de pin, rend $0^{m.c.},201$, de sorte que la consommation de l'usine de Soumboul s'élève à $5^{m.c.}$. de charbon pour 100 kilog. de fonte.

ÉLÉMENS

De Cristallographie.

Par M. GUSTAVE ROSE.

(Extrait par M. V. REGNAULT, élève ingénieur des mines.)

M. Gustave Rose a publié récemment des élémens de cristallographie qu'il présente comme la première partie d'un traité complet de minéralogie qu'il espère publier dans peu de temps.

L'auteur y considère les formes cristallines rapportées à des axes, et il classe ces formes d'après le mode de disposition de leurs faces par rapport à ces axes.

Dans chaque forme simple, il existe certaines lignes qui passent par le centre de figure, et par rapport auxquelles les faces sont disposées symétriquement. Ces lignes sont appelées *axes*.

Ainsi, dans l'hexaèdre, les lignes qui joignent deux à deux les angles opposés sont des axes, et il y a quatre de ces axes : mais, dans cette figure, il existe encore d'autres lignes que l'on doit regarder comme des axes; ce sont celles qui joignent deux à deux les angles de deux faces opposées, et celles qui unissent deux à deux les points milieux de deux arêtes opposées : il y a trois axes de la première espèce et six de la seconde.

Deux axes sont dits *semblables ou de même espèce* quand ils joignent ou des angles égaux ou les points milieux de faces ou d'arêtes égales. Ils

sont au contraire dissemblables ou d'espèces différentes quand les angles ou les arêtes qu'ils réunissent sont d'espèces différentes. L'hexaèdre admet trois espèces d'axes. La première espèce comprend quatre axes, la seconde trois; enfin, la troisième six. Les axes de même espèce se coupent deux à deux sous des angles égaux. Toutes les formes simples n'admettent pas plusieurs axes d'une même espèce; il y en a qui n'admettent qu'un axe de chaque espèce, il en est même qui n'ont qu'un seul axe.

Quand on examine une forme simple, il faut donner à cette forme une position telle, qu'un de ces axes se trouve vertical. Cet axe vertical prend le nom *d'axe principal*, et les autres axes celui *d'axes secondaires*. Quand la forme simple n'a qu'un seul axe, la position qu'il faut lui donner est entièrement déterminée; mais, quand elle en a plusieurs, il faut en choisir un pour axe principal. Le choix de cet axe est en général arbitraire, mais il faut avoir soin de conserver pendant tout l'examen l'axe que l'on a choisi.

Comme un plan est déterminé quand on donne trois points non en ligne droite situés dans ce plan, il est évident qu'une face sera entièrement déterminée de position quand on donnera les longueurs des parties de trois axes comprises entre cette face ou son prolongement et le point central. La forme cristalline se trouvera donc aussi déterminée par-là, puisque toutes les faces d'une forme simple sont égales et coupent par conséquent les axes de la même manière.

Systèmes cristallins.

Lorsque deux formes simples se présentent ensemble, les parties de la forme dominante sont modifiées par celles de l'autre. Ces modifications consistent dans des troncatures, des biseaux ou des pointemens que les faces de la seconde forme déterminent sur les angles ou sur les arêtes de la première. Mais on remarque toujours, à quelques exceptions près, que toutes les parties de même espèce sont modifiées à la fois et de la même manière, et que les parties d'espèces différentes sont modifiées d'une manière différente. Les facettes de la forme subordonnée viennent donc se disposer d'une manière symétrique à côté des faces de la forme dominante, ce qui ne peut avoir lieu qu'autant que ces faces obéissent aux mêmes lois de symétrie, et que leurs axes sont égaux en nombre, en grandeur et en direction. Des formes simples qui auraient des lois de symétrie différentes ou des axes différens ne peuvent entrer en combinaison. Cette remarque est importante, puisqu'elle trace des limites bien tranchées entre les différentes formes cristallines, et qu'elle permet de réunir dans un très-petit nombre de groupes des formes qui, d'après la disposition de leurs faces, semblaient au premier abord tout-à-fait différentes. Ces groupes prennent le nom de *systèmes cristallins*.

D'après cela, on peut définir un système cristallin, *la réunion de différentes formes ayant des axes égaux en nombre, en grandeur et en direction.*

M. Gustave Rose admet six systèmes cristallins :

1. Le premier système ou système cristallin régulier est caractérisé par trois axes de même espèce et perpendiculaires entre eux. Ce système correspond au *système tetraédrique* de M. Beudant.

2. Le deuxième système cristallin (2 und 1 axige) est caractérisé par trois axes perpendiculaires entre eux, mais dont deux seulement sont de même espèce. Ce système correspond au *système prismatique à base carrée* de M. Beudant.

3. Le troisième système cristallin (3 und 1 axige) est caractérisé par quatre axes dont trois axes sont de même espèce et se coupent sous des angles de 60°, le quatrième d'espèce différente est perpendiculaire aux trois autres. Ce système correspond au *système rhomboédrique* de M. Beudant.

4. Le quatrième système cristallin (1 und 1 axige) est caractérisé par trois axes d'espèces différentes, mais perpendiculaires entre eux. Il correspond au *système prismatique rectangulaire droit* de M. Beudant.

5. Le cinquième système cristallin (2 und 1 gliedrige) est caractérisé par trois axes d'espèces différentes : le premier de ces axes est oblique sur le deuxième, mais perpendiculaire sur le troisième. Le second et le troisième sont perpendiculaires entre eux. Ce système correspond au *système prismatique rectangulaire oblique* de M. Beudant.

6. Le sixième système cristallin (1 und 1 gliedrige) est caractérisé par trois axes d'espèces dif-

férentes obliques les uns sur les autres. Il correspond au *système prismatique oblique à base de parallélogramme obliquangle* de M. Beudant.

M. Gustave Rose subdivise chacun de ces systèmes en deux parties : dans la première il range les *formes homoèdres*, et dans la seconde les *formes hémièdres*.

Par *formes hémièdres*, il entend les formes qui se déduisent des formes simples, lorsque la moitié des faces de ces dernières prend assez d'extension pour faire disparaître l'autre moitié. Ces formes simples prennent le nom de *formes homoèdres* par rapport aux premières.

Lorsque dans cette modification de la forme simple les faces restantes ont perdu leurs parallèles, on dit que la forme hémièdre est *à faces inclinées*; Dans le cas contraire elle est dite *à faces parallèles*.

Nous allons passer rapidement en revue les formes que M. G. Rose considère dans chaque système cristallin.

SYSTÈME CRISTALLIN RÉGULIER.

Les formes qui appartiennent à ce système sont caractérisées par trois axes de même espèce, et perpendiculaires entre eux. Elles ont encore quatre autres axes semblables entre eux, mais d'une espèce différente de celle des premiers. Ces derniers axes portent le nom d'*axes hexaèdres*, et les premiers celui d'*axes octaèdres*.

Chaque axe hexaèdre est incliné sur l'axe hexaèdre voisin d'un angle de 70°.32′, et sur l'axe octaèdre voisin de 54o.34′.

Les formes que M. G. Rose considère dans ce système, sont les suivantes :

A. *Formes homoèdres.*

1°. *Octaèdre.* Solide à huit faces, douze arêtes et six angles; les faces sont des triangles équilatéraux, les arêtes sont égales, les angles sont égaux et à quatre faces.

Les trois axes octaèdres joignent deux à deux les angles opposés. Les quatre axes hexaèdres joignent les centres des faces parallèles opposées.

Inclinaison de deux faces opposées dans l'angle de l'octaèdre.	70°.32'
De deux arêtes opposées.	90°
Des faces qui forment ces arêtes. . . .	109°.28'

On se sert du système des trois axes rectangulaires pour définir l'octaèdre, et en général toutes les formes du système cristallin régulier. On désigne chacun de ces axes par a, et comme dans l'octaèdre ces trois axes sont d'égale longueur, une des faces de cet octaèdre, et par suite l'octaèdre tout entier, pourra être représenté par la notation :

$$(a : a : a)$$

2°. *Hexaèdre.* Six faces, douze arêtes et huit angles. Les faces sont des quarrés, les arêtes sont égales, les angles sont égaux et à trois faces.

Les trois axes octaèdres joignent les centres des faces parallèles opposées. Les quatre axes hexaèdres joignent les angles opposés :

Angle dièdre des faces. . . . . 90°

Chaque face coupe donc un des axes octaèdres à angle droit, et se trouve parallèle aux deux autres. Sa notation est par conséquent :

$$(a : \infty a : \infty a)$$

3°. *Dodécaèdre.* Douze faces, vingt-quatre arêtes et quatorze angles.

Les faces sont des rhombes, ayant des angles de 109°.28′ et de 70°.32′; les arêtes sont égales, les angles sont inégaux et de trois espèces. Six angles à quatre faces, correspondant, pour leur position, aux angles de l'octaèdre; huit angles à trois faces, correspondant aux angles de l'hexaèdre. Les plus longues diagonales des faces joignent les angles de l'octaèdre, et correspondent par conséquent aux arètes de l'octaèdre; les plus courtes joignent les angles de l'hexaèdre, et correspondent aux arêtes de l'hexaèdre.

Chaque face du dodécaèdre est parallèle à un des axes octaèdres, et coupe les deux autres dans le rapport de 1 : 1. La notation de ces faces est donc:

$$(a : a : \infty a)$$

Inclinaison de deux faces opposées dans l'angle octaèdre. . . . . 90°
De deux arêtes . . . . 109°.28′
Des faces qui se coupent. . . . . 120°

4°. *Ikositétraèdres.* Il existe plusieurs formes de cette espèce, elles ont vingt-quatre faces, quarante-huit arêtes et vingt-six angles.

Les faces sont des trapèzes symétriques à deux espèces de côtés et trois espèces d'angles. Les arêtes sont de deux espèces, vingt-quatre joignent deux à deux les axes octaèdres voisins, et vingt-quatre joignent deux à deux les axes hexaèdres voisins. Les vingt-six angles sont de trois espèces. Six angles réguliers à quatre faces, correspondant aux angles de l'octaèdre; huit angles réguliers à trois faces, correspondant aux angles de l'hexaèdre; et douze angles à quatre faces correspondant aux centres des faces du dodécaèdre.

Une face quelconque d'un ikositétraèdre coupe deux des axes octaèdres de la même manière, mais le troisième d'une manière différente. On connaît jusqu'à présent deux espèces d'ikositétraèdres; dans la première espèce, les axes sont coupés par chaque face dans le rapport 1 : 1 : $\frac{1}{2}$; dans la seconde, ce rapport est 1 : 1 : $\frac{1}{3}$.

Inclinaisons de deux faces opposées dans l'angle octaèdre :

$$(a : a : \tfrac{1}{2} a) — 109°.28'$$
$$(a : a : \tfrac{1}{3} a) — 129°.31'$$

Inclinaisons de deux arêtes opposées :

$$(a : a : \tfrac{1}{2} a) — 126°.52'$$
$$(a : a : \tfrac{1}{3} a) — 143°.08'$$

Inclinaisons des faces qui forment la première espèce d'arêtes :

$$(a : a : \tfrac{1}{2} a) — 131°.49'$$
$$(a : a : \tfrac{1}{3} a) — 144°.54'$$

Inclinaisons des faces qui forment la seconde espèce d'arêtes :

$$(a : a : \tfrac{1}{2} a) — 146°.27'$$
$$(a : a : \tfrac{1}{3} a) — 129°.31'$$

M. Rose donne, au premier ikositétraèdre, le nom de *leucitoèdre*, parce qu'il se présente dans la leucite; et au second, le nom de *leucitoïde*.

5°. *Triakisoctaèdre*. Ce solide présente l'aspect d'un octaèdre, sur les faces duquel on aurait planté des pyramides triangulaires. Il existe plusieurs de ces formes; elles ont vingt-quatre faces, trente-six arêtes et quatorze angles.

Les faces sont des triangles isoscèles. Les arêtes sont de deux espèces. Douze arêtes qui correspondent, pour leur position, aux arêtes de l'octaèdre, et vingt-quatre plus courtes qui correspondent aux arêtes du dodécaèdre. Les angles sont aussi de deux espèces. Six angles symé-

triques à huit faces, correspondant aux angles de l'octaèdre, et huit angles réguliers à trois faces, qui correspondent aux angles de l'hexaèdre.

On connaît deux espèces de triakisoctaèdres, leurs notations sont :

$(a : a : 2\,a)$ — $(a : a : 3\,a)$

Inclinaisons des faces qui forment

		les 1res. arêtes,		les 2es. arêtes.
$(a : a : 2\,a)$	———	141°.3′	———	152°.44′
$(a : a : 3\,a)$	———	153°.28′	———	142°.8′

6°. *Tétrakishexaèdre.* Solide à vingt-quatre faces, trente-six arêtes et quatorze angles. Il présente l'aspect d'un hexaèdre, sur les faces duquel on aurait planté des pyramides à quatre faces.

Les faces sont des triangles isocèles. Les arêtes sont de deux espèces. Douze plus longues, qui correspondent aux arêtes de l'hexaèdre; vingt-quatre plus courtes, qui correspondent aux arêtes du dodécaèdre. Les angles sont de deux espèces. Huit angles symétriques à six faces, qui correspondent aux angles de l'hexaèdre; et huit angles réguliers à six faces, qui correspondent aux angles de l'octaèdre.

Dans le tétrakishexaèdre comme dans le dodécaèdre, chaque face est parallèle à un des trois axes octaèdres, et coupe les deux autres axes suivant des longueurs différentes.

On connaît quatre espèces de tétrakishexaèdres, qui ont pour notations :

$(\frac{3}{2}\,a : a : \infty\,a)$, $(2\,a : a : \infty\,a)$, $(\frac{5}{2}\,a : a : \infty\,a)$, $(3\,a : a : \infty\,a)$.

Inclinaisons des faces qui forment

		les 1res. arêtes,		les 2es. arêtes.
$(\frac{3}{2}\,a : a : \infty\,a)$	———	157°.23′	———	133°.49′
$(2\,a : a : \infty\,a)$	———	143°.8′	———	143°.8′
$(\frac{5}{2}\,a : a : \infty\,a)$	———	133°.36′	———	149°.33′
$(3\,a : a : \infty\,a)$	———	126°.52′	———	154°.9′

Les première et quatrième espèces de tétrakishexaèdres sont les plus communes.

7°. *Hexakisoctaèdre.* Quarante-huit faces, soixante-douze arêtes et vingt-six angles. Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de trois espèces. Vingt-quatre arêtes, qui, prises deux à deux, joignent les axes octaèdres ; vingt-quatre, qui, prises deux à deux, joignent les axes hexaèdres ; enfin vingt-quatre qui joignent les axes hexaèdres aux axes octaèdres. Les angles sont également de trois espèces. Six angles symétriques à huit faces, correspondant aux angles de l'octaèdre ; huit angles symétriques à six faces, correspondant aux angles de l'hexaèdre ; et douze angles symétriques à quatre faces, correspondant aux angles symétriques de l'ikositétraèdre.

On connaît jusqu'à présent cinq espèces d'hexakisoctaèdres, qui ont pour notations :

$$(a : \tfrac{1}{2} a : \tfrac{1}{3} a) — (a : \tfrac{1}{3} a : \tfrac{1}{4} a) — (a : \tfrac{1}{2} a : \tfrac{1}{4} a)$$
$$(a : \tfrac{1}{8} a : \tfrac{1}{7} a) — (\tfrac{1}{3} a : \tfrac{1}{5} a : \tfrac{1}{11} a).$$

Inclinaisons des faces qui forment

1res. arêtes,		2es. arêtes,		3es. arêtes.
149°.0′	——	158°.13′	——	158°.13′
157°.23′	——	164°.3′	——	147°.48′
154°.47′	——	144°.3′	——	162°.15′
165°.2′	——	136°.47′	——	158°.47′
152°.17′	——	140°.9′	——	166°.57′

Telles sont les sept espèces de formes simples que M. Gustave Rose considère dans son système cristallin régulier.

Il remarque qu'il ne peut pas en exister d'autres, car ces formes sont toutes celles qui puissent être formées par des faces assujetties à se comporter toutes à la fois de la même manière

par rapport à trois axes rectangulaires ; comme il est facile de s'en assurer.

M. Rose examine ensuite les différentes formes hémièdres que l'on peut déduire de ces sept formes simples. Ces formes sont :

1°. *Hémioctaèdre* ou *tétraèdre*. Solide à quatre faces, six arêtes et quatre angles. Les faces sont des triangles équilatéraux, les arêtes sont égales, les angles sont égaux et à trois faces.

Les trois axes octaèdres joignent les milieux de deux arêtes opposées; les quatre axes hexaèdres joignent les points milieux des faces avec les angles opposés à ces faces.

Angles dièdres des faces. . . . . . 70°.32'.

Les lignes qui, sur les faces, joignent les points milieux (des arêtes) correspondent aux arêtes de l'octaèdre : de sorte que l'hémioctaèdre se déduit de l'octaèdre, quand les faces alternatives de cette dernière figure prennent assez d'extension pour faire disparaître les faces intermédiaires.

Il résulte évidemment de là que l'octaèdre donne deux hémioctaèdres égaux entre eux, mais différens par leur position. M. Rose les distingue en appelant l'un *hémioctaèdre de droite*, et l'autre *hémioctaèdre de gauche*, et donne au premier la notation (1) $\frac{1}{2} r (a : a : a)$, et au second la notation $\frac{1}{2} l (a : a : a)$ (1).

2°. *Hemiikositétraèdre*. Solide à douze faces, dix-huit arêtes et huit angles. Les faces sont des triangles isocèles. Les arêtes sont de deux espèces, six arêtes plus aiguës, correspondant aux

(1) Les lettres *r* et *l* sont les lettres initiales des mots allemands *recht*, à droite; *link*, à gauche.

arêtes de l'hémioctaèdre, douze arêtes plus obtuses, correspondant aux lignes qui, sur les faces, de l'hémioctaèdre, joignent les centres des faces aux angles dans lesquels viennent se réunir les côtés égaux des triangles isocèles. Les angles sont de deux espèces : quatre angles symétriques à six faces, correspondant aux angles de l'hémioctaèdre, quatre angles à trois faces et à arêtes égales, qui correspondent aux faces de l'hémioctaèdre.

Les trois axes octaèdres joignent les points milieux de deux arêtes opposées de la première espèce, les quatre axes hexaèdres, les angles à six faces avec les angles à trois faces opposées.

Les hémiikositétraèdres se déduisent des ikositétraèdres quand les faces, situées aux angles alternatifs de cette dernière forme, prennent assez d'extension pour faire disparaître les faces intermédiaires. Chaque ikositétraèdre donne deux hémiikositétraèdres, que l'on distingue en *hémiikositétraèdres de droite* et *hémiikositétraèdres de gauche*. Comme d'ailleurs il existe deux espèces d'ikositétraèdres, il est évident que l'on a à considérer les quatre hémiikositétraèdres :

$$r\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{2}a) \text{ et } l\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{2}a)$$
$$r\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{3}a) \text{ et } l\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{3}a)$$

Inclinaisons des faces qui forment

	les 1res. arêtes	les 2es. arêtes.
$\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{2}a)$	109°.28′	146°.27′
$\tfrac{1}{2}(a : a : \tfrac{1}{3}a)$	129°.31′	129°.31′

3°. *Hémitriakisoctaèdre*. Solide à douze faces, vingt-quatre arêtes et quatorze angles.

Les faces sont des trapèzes symétriques semblables à ceux des ikositétraèdres. Les arêtes sont

de deux espèces, douze arêtes aiguës, qui, prises deux à deux, correspondent aux arêtes de l'hémioctaèdre, douze arêtes plus obtuses qui correspondent aux lignes qui, sur l'hémioctaèdre, joignent le centre des faces aux milieux des arêtes. Les angles sont de trois espèces : six angles symétriques à quatre faces, correspondant aux angles de l'octaèdre; quatre angles réguliers à trois faces qui correspondent aux angles de l'hémioctaèdre, et quatre angles réguliers à trois faces qui correspondent aux faces de l'hémioctaèdre.

On ne connaît jusqu'à présent qu'une seule espèce d'hémitriakisoctaèdres, c'est la forme hémiédre de la première espèce de triakisoctaèdre, et qui a par conséquent pour notation :

$$r\,\tfrac{1}{2}\,(a : a : 2\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(a : a : 2\,a)$$

Inclinaisons des faces qui forment

les 1res. arêtes	les 2es. arêtes.
152°.44′	90°

4°. *Hémihexakisoctaèdre.* Solide à vingt-quatre faces, trente-six arêtes et quatorze angles.

Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de trois espèces : douze arêtes plus aiguës qui correspondent aux premières arêtes des hémitriakisoctaèdres, douze arêtes plus obtuses correspondant aux deuxièmes arêtes des hémiikositétraèdres, et douze arêtes plus obtuses qui correspondent aux secondes arêtes des kémitriakisoctaèdres. Les angles sont également de trois espèces : quatre angles symétriques à six faces correspondant aux angles de l'hémioctaèdre, six angles symétriques à quatre faces correspondant aux angles de l'octaèdre; enfin, quatre angles symétriques à six faces qui correspondent aux angles à trois faces des hémitriakisoctaèdres.

Les hémihexakisoctaèdres sont les formes hémièdres des hexakisoctaèdres, et se forment par l'agrandissement des faces situées aux angles hexaèdres alternatifs. On ne connaît jusqu'à présent que deux espèces d'hémihexakisoctaèdres; elles ont pour notations :

$$r\,\tfrac{1}{2}\,(a : \tfrac{1}{2}\,a : \tfrac{1}{3}\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(a : \tfrac{1}{2}\,a : \tfrac{1}{3}\,a)$$
$$r\,\tfrac{1}{2}\,(a : \tfrac{1}{3}\,a : \tfrac{1}{5}\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(a : \tfrac{1}{3}\,a : \tfrac{1}{5}\,a)$$

Inclinaisons des faces qui forment

	Les 1es. arêtes.	2es. arêtes.	3es. arêtes.
$(a : \tfrac{1}{2}\,a : \tfrac{1}{3}\,a)$ ——	110°.55′ ——	158°.13′ ——	158°.13′
$(a : \tfrac{1}{3}\,a : \tfrac{1}{5}\,a)$ ——	122°.53′ ——	152°.20′ ——	152°.20′

5°. *Hémitétrakishexaèdres*. Solides à douze faces, trente arêtes et vingt angles.

Les faces sont des pentagones symétriques qui ont deux espèces de côtés et trois espèces d'angles. Les arêtes sont de deux espèces : six de ces arêtes correspondent aux faces de l'hexaèdre. Les angles sont de deux espèces, douze angles irréguliers à trois faces, et huit angles réguliers à trois faces correspondant aux angles de l'hexaèdre. Les faces opposées sont parallèles. Les trois axes octaèdres joignent les points milieux de deux arêtes opposées, bases des pentagones. Les quatre axes hexaèdres joignent deux à deux les angles hexaèdres opposés.

Les hémitétrakishexaèdres se déduisent des tétrakishexaèdres par l'agrandissement des faces alternatives; on en connaît plusieurs, mais qui ne dérivent pas tous des tétrakishexaèdres connus. Les plus importans sont les suivans :

$$r\,\tfrac{1}{2}\,(2\,a : a : \infty\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(2\,a : a : \infty\,a)$$
$$r\,\tfrac{1}{2}\,(\tfrac{3}{2}\,a : a : \infty\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(\tfrac{3}{2}\,a : a : \infty\,a)$$
$$r\,\tfrac{1}{2}\,(\tfrac{4}{3}\,a : a : \infty\,a) \text{ et } l\,\tfrac{1}{2}\,(\tfrac{4}{3}\,a : a : \infty\,a)$$

Inclinaisons des faces qui forment	les 1res arêtes.	les 2es. arêtes,
$\frac{1}{2}(2\,a : a : \infty a)$	126°.52′	113°.35′
$\frac{1}{2}(\frac{3}{2}\,a : a : \infty a)$	112°.37′	117°.29′
$\frac{1}{2}(\frac{4}{3}\,a : a : \infty a)$	106°.16′	118°.41′

L'hémitétrakishexaèdre $\frac{1}{2}(2\,a : a : \infty a)$ porte aussi le nom de *pyritoèdre*, parce qu'il se présente très-fréquemment dans la pyrite.

6°. *Hemioctakishexaèdres*. Solides à vingt-quatre faces, quarante-huit arêtes et vingt-six angles.

Les faces sont des trapèzes à trois espèces de côtés; les deux côtés égaux sont contigus. Les arêtes sont de trois espèces: douze arêtes correspondant aux arêtes, bases des pentagones de l'hémitétrakishexaèdre; vingt-quatre arêtes qui correspondent aux deuxièmes arêtes des hémitétrakishexaèdres; enfin douze arêtes qui correspondent aux lignes qui, sur les faces des hémitétrakishexaèdres, seraient abaissées perpendiculairement sur la base du sommet opposé. Les angles sont de trois espèces : six angles symétriques à quatre faces correspondant aux angles de l'octaèdre; huit angles réguliers à trois faces qui correspondent aux angles de l'hexaèdre; enfin, douze angles irréguliers à quatre faces qui correspondent aux angles situés aux extrémités des arêtes, bases des pentagones dans les hémitétrakishexaèdres. Les hémioctakishexaèdres se déduisent des octakishexaèdres ou hexakisoctaèdres par l'agrandissement des couples alternatifs des faces qui forment les premières arêtes des hexakisoctaèdres. Ces formes ont des faces parallèles et se distinguent par conséquent facilement des autres formes hémièdres des hexakis-

octaèdres qui ne jouissent pas de cette propriété.

On connaît trois espèces d'hémioctakishexaèdres : ils ont pour notation :

$$r \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{2}a : \tfrac{1}{3}a) \text{ et } l \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{2}a : \tfrac{1}{3}a)$$
$$r \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{2}a : \tfrac{1}{4}a) \text{ et } l \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{2}a : \tfrac{1}{4}a)$$
$$r \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{3}a : \tfrac{1}{5}a) \text{ et } l \pm \tfrac{1}{2}(a : \tfrac{1}{3}a : \tfrac{1}{5}a)$$

Le signe $\pm$ se trouve placé ici afin de distinguer ces formes des hémihexakisoctaèdres qui, sans cela, auraient les mêmes notations.

Inclinaisons des faces qui forment

	Les 1res. arêtes.		2es. arêtes.		3es. arêtes
$\pm \frac{1}{2}(a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{3}a)$	115°.23′	—	141°.47′	—	149°.00′
$\pm \frac{1}{2}(a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{4}a)$	128°.15′	—	131°.49′	—	154°.47′
$\pm \frac{1}{2}(a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{5}a)$	118°.59′	—	131°.5′	—	160°.32′

Telles sont les formes hémièdres que M. G. Rose considère dans le système cristallin régulier.

En résumant ce que nous venons de dire, on voit que :

L'agrandissement des faces alternatives donne l'hémioctaèdre et les hémitétrakishexaèdres.

L'agrandissement des couples alternatifs de faces donne les hémioctakishexaèdres.

L'agrandissement de groupes de trois faces donne les hémiikositétraèdres et triakisoctaèdres.

Enfin, l'agrandissement de groupes de six faces donne les hémihexakisoctaèdres.

On voit de plus que chaque forme simple donne deux formes hémièdres parfaitement égales, mais qui diffèrent par leur position. Des formes simples qui, comme l'hexaèdre et le dodécaèdre ne jouissent pas de cette dernière propriété, ne peuvent donner de formes hémièdres.

Les formes hémièdres, que nous venons de

passer en revue, sont les seules qui se soient présentées jusqu'ici dans la nature, mais ce ne sont pas les seules possibles. Ainsi, par exemple, les hexakisoctaèdres et les hémihexakisoctaèdres peuvent donner de nouvelles formes hémièdres par l'agrandissement de faces uniques.

M. G. Rose examine ensuite les combinaisons des formes homoèdres et hémièdres entre elles, et les modifications qui en résultent. Les bornes de cet extrait ne nous permettent pas d'entrer dans ces détails; le lecteur intelligent y suppléera facilement.

DEUXIÈME SYSTÈME CRISTALLIN.

Les formes de ce système sont caractérisées par trois axes perpendiculaires entre eux, et dont deux sont de même espèce. Le troisième axe est le seul axe unique qui existe dans le deuxième système cristallin. Aussi le prend-on pour axe principal; on les désigne par la lettre *c* et par *a* les deux axes secondaires.

A cause de l'inégalité de l'axe principal et des axes secondaires, les faces se trouvent disposées différemment autour de ces deux espèces d'axes, ce qui établit entre les arêtes et les angles les distinctions d'*arêtes latérales* et *arêtes extrêmes ou culminantes*, *d'angles latéraux et angles extrêmes ou culminans*.

Les faces perpendiculaires à un des axes n'ont pas nécessairement de faces correspondantes sur les autres axes, de sorte que, dans les formes composées de ce système, il se présente souvent des faces isolées ou plusieurs faces assemblées, qui à elles seules ne pourraient pas terminer le cris-

tal, ce qui ne se présente jamais dans le premier système à cause de l'égalité des trois axes.

A. *Formes homoèdres.*

1°. *Quadratoctaèdres.* Solides à huit faces, douze arêtes et six angles.

Les faces sont des triangles isocèles. Les arêtes sont de deux espèces, huit arêtes culminantes, dont quatre supérieures et quatre inférieures, et quatre arêtes latérales. Les angles sont aussi de deux espèces, deux angles culminans à quatre faces et à arêtes égales, et quatre angles latéraux à quatre faces et symétriques.

La section faite par deux arêtes latérales est un carré : cette section est nommée *la base*, et c'est la figure de cette base qui a fait donner à ces octaèdres le nom de *quadratoctaèdres*.

Il existe un très-grand nombre de quadratoctaèdres, qui diffèrent les uns des autres par l'inclinaison de leurs faces. On les divise en *aigus* et en *obtus*, selon que leurs axes principaux sont plus grands ou plus petits que leurs axes secondaires.

L'axe principal joint les angles culminans opposés; quant aux axes secondaires, ils occupent, dans les différens quadratoctaèdres, deux positions bien distinctes qui exigent une séparation de ces quadratoctaèdres en deux classes ou ordres.

Dans les quadratoctaèdres de la première classe, les axes secondaires joignent deux axes latéraux opposés, de telle sorte que chaque face rencontre à la fois les trois axes. Dans les quadratoctaèdres de la seconde classe, les axes secondaires joignent les points milieux de deux arêtes latérales oppo-

sées, et une face ne rencontre jamais qu'un seul axe secondaire.

Chaque genre minéral, appartenant au second système cristallin, peut présenter une foule de quadratoctaèdres des deux ordres; mais l'observation a montré que dans toutes ces formes, les axes principaux étant égaux, les axes secondaires sont dans des rapports rationnels et simples, ou réciproquement, les axes secondaires étant égaux, les axes principaux sont dans des rapprts rationnels et simples. Pour déterminer ces rapports, on compare toutes les formes à une même forme, que l'on prend pour *forme primitive*, et à laquelle on donne le nom de *quadratoctaèdre principal.* Le choix de cette forme principale est en lui-même indifférent; mais on choisit ordinairement la forme qui se présente le plus fréquemment, ou qui domine le plus dans ces combinaisons, ou même celle par rapport à laquelle les autres formes prennent les rapports les plus simples. Le choix de cette forme primitive détermine quels sont les quadratoctaèdres que l'on doit regarder comme de la première classe, et ceux que l'on doit regarder comme de la seconde classe. Tous les quadratoctaèdres qui auront leurs faces disposées comme celles de la forme primitive, seront de la première classe, tandis que ceux dont les faces seront dirigées dans le sens des arêtes de la forme primitive, appartiendront à la seconde classe.

La notation de la forme primitive est

$$(a : a : c)$$

Celle des octaèdres de la première classe,

$$(a : a : mc)$$

Celle des octaèdres de la seconde classe,

$$(a : \infty a : mc)$$

m représentant un nombre rationnel simple, qui peut être entier ou fractionnaire.

Parmi les différens quadratoctaèdres qui se présentent dans un même genre minéral, on en remarque particulièrement deux qui jouissent de cette propriété, que les faces du plus obtus sont inclinées sur l'axe principal de la même manière que les arêtes du plus aigu. On appelle la première de ces formes *le premier octaèdre obtus* du second, et le second *le premier octaèdre aigu* du premier. Chacun de ces octaèdres est d'une classe différente de celle de l'octaèdre dont on l'a déduit; par conséquent ils sont tous deux de la même classe. Or, on peut déduire du premier octaèdre aigu un nouvel octaèdre qui se comporte avec lui de la même manière que celui-ci se comportait avec l'octaèdre principal. Ce nouvel octaèdre devra être appelé *premier octaèdre aigu* du premier, ou *second octaèdre aigu* de l'octaèdre principal. De même le premier octaèdre obtus de l'octaèdre principal donnera un nouveau premier octaèdre obtus qui sera le *second octaèdre obtus* de l'octaèdre principal. Ces deux nouveaux octaèdres seront de la même classe que l'octaèdre principal.

En continuant de cette manière, on pourra former une série d'octaèdres, dans laquelle un octaèdre quelconque a ses faces inclinées sur l'axe principal, de la même manière que les arêtes culminantes de l'octaèdre suivant le sont sur ce même axe principal. Les octaèdres contigus sont de classes différentes; ils sont de même classe de deux en deux. A partir du point milieu de la série, les octaèdres deviennent plus aigus d'un côté et plus obtus de l'autre: les rapports qui exis-

tent entre les formes de cette série sont très-simples. Si l'on désigne par 1 la base de la forme primitive, les bases des autres formes seront représentées par les nombres en progression géométrique :

$$\ldots\ldots : 16 : 8 : 4 : 2 : 1 : \tfrac{1}{2} : \tfrac{1}{4} : \tfrac{1}{8} : \tfrac{1}{16} : \ldots\ldots$$

Les bases des octaèdres de la même classe suivent la progression

$$\ldots\ldots : 16 : 4 : 1 : \tfrac{1}{4} : \tfrac{1}{16} : \ldots\ldots$$

Et par suite leurs axes secondaires suivent la progression

$$\ldots\ldots : 4 : 2 : 1 : \tfrac{1}{2} : \tfrac{1}{4} : \ldots\ldots$$

Si l'on suppose les axes secondaires des octaèdres égaux, leurs axes principaux se trouveront suivre une progression inverse de la précédente. On déduit de là, pour la notation de ces octaèdres,

Octaèdre principal.	$(a : a : c)$
Premier octaèdre obtus.	$(a : \infty a : c)$
Deuxième » »	$(a : a : \frac{1}{2}c)$
Troisième » »	$(a : \infty a : \frac{1}{2}c)$
Quatrième » »	$(a : a : \frac{1}{4}c)$
Cinquième » »	$(a : \infty a : \frac{1}{4}c)$
Premier octaèdre aigu.	$(a : \infty a : 2c)$
Deuxième » »	$(a : a : 2c)$
Troisième » »	$(a : \infty a : 4c)$
Quatrième » »	$(a : a : 4c)$
Cinquième » »	$(a : \infty a : 8c)$

Les deux premiers membres de ces séries se présentent fréquemment dans les différens genres minéraux ; les autres, à partir du troisième, sont très-rares.

Les rapports simples que nous venons d'expo-

ses ne se présentent qu'entre les quadratoctaèdres d'un même genre minéral; les rapports qui existent entre des quadratoctaèdres de genres différens, sont loin d'être si simples; ils paraissent même tout-à-fait irrationnels, ou du moins extrêmement compliqués. De sorte que dans chaque genre minéral on est obligé de choisir une forme primitive particulière. Il ne paraît pas non plus que les axes principaux et secondaires d'un même quadratoctaèdre suivent de rapports simples, du moins jusqu'à présent on n'est parvenu à aucune loi.

2°. *Face culminante droite.* Cette face est perpendiculaire à l'axe principal, et a par conséquent pour notation :

$$(\infty a : \infty a : c)$$

Cette figure ne peut évidemment exister qu'en combinaison avec d'autres formes.

3°. *Prismes à quatre faces rectangulaires.* Il existe deux prismes à quatre faces rectangulaires qui se distinguent par leurs positions relatives. Dans les deux, les faces se trouvent parallèles à l'axe principal; mais, dans le premier, les axes secondaires joignent les angles, tandis que, dans le second, ils joignent les milieux des côtés de leur section droite passant par le milieu de l'axe principal. Ces sections correspondent, pour leur position, aux bases des quadratoctaèdres.

Le premier prisme a pour notation. . $(a : a : \infty c)$
La notation du second est. . . . $(a : \infty a : \infty c)$

Les prismes à quatre faces rectangulaires se présentent très-fréquemment en combinaison avec les quadratoctaèdres.

4°. *Dioctaèdres*. Solides à seize faces, vingt-quatre arêtes et dix angles, présentant en gros l'aspect de quadratoctaèdres sur les faces desquels, et dans la direction des diagonales, il se serait formé des arêtes.

Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de trois espèces : huit arêtes correspondantes aux arêtes culminantes des quadratoctaèdres de la première classe, huit arêtes correspondantes aux arêtes culminantes des quadratoctaèdres de la seconde classe, enfin huit arêtes latérales situées dans un même plan et qui, prises deux à deux, correspondent aux arêtes latérales des quadratoctaèdres. Les angles sont de trois espèces, deux angles symétriques à huit faces, qui correspondent aux angles culminans des quadratoctaèdres; quatre angles symétriques à quatre faces, qui correspondent aux angles latéraux des quadratoctaèdres de la première classe, enfin quatre angles symétriques à quatre faces, qui correspondent aux angles latéraux des quadratoctaèdres de la seconde classe.

L'axe principal joint les deux angles à huit faces, les axes secondaires se trouvent menés entre les angles correspondans aux angles latéraux des quadratoctaèdres de la première classe.

Chaque face de ce solide rencontre les trois axes à la fois, mais suivant des longueurs différentes; de sorte que la notation des dioctaèdres est celle-ci :

$$(a : na : mc)$$

Les dioctaèdres d'un même genre minéral ont toujours leurs axes dans des rapports rationnels et simples. Ces formes ne se sont pas encore pré-

sentées isolées, mais toujours en combinaison subordonnée avec d'autres formes.

5°. *Prismes à huit faces.* Solides à huit faces et à deux espèces d'arêtes parallèles à l'axe principal. Leurs sections droites coïncident avec celles faites dans les dioctaèdres, de sorte que leur notation est :

$$(a : na : \infty c)$$

Les prismes à 8 huit faces qui se présentent le plus fréquemment sont les suivans :

$$(a : 2a : \infty c)$$
$$(a : 3a : \infty c)$$

B. *Formes hémièdres.*

Il existe aussi des formes hémièdres dans ce système. Nous ne parlerons que des hémioctaèdres ou tétraèdres qui dérivent des quadratoctaèdres par l'agrandissement de leurs faces alternatives. Ces formes ont quatre faces, six arêtes et quatre angles. Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de deux espèces, deux arêtes culminantes et quatre arêtes latérales. Les angles sont égaux, à trois faces et irréguliers.

Les axes joignent les milieux des arêtes opposées.

TROISIÈME SYSTÈME CRISTALLIN.

Les formes appartenant à ce système sont caractérisées par quatre axes dont trois, semblables entre eux, se coupent sous des angles de 60°; le quatrième, d'espèce différente, est perpendiculaire aux trois autres. Cet axe unique est pris pour axe principal et les trois autres pour

axes secondaires. L'axe principal est désigné par *c*, les axes secondaires par *a*.

Les formes de ce système ressemblent beaucoup à celles du deuxième système cristallin.

A. *Formes homoèdres.*

1°. *Hexagondodécaèdres*. Solides à douze faces, dix-huit arêtes et huit angles.

Les faces sont des triangles isocèles. Les arêtes sont de deux espèces : douze arêtes culminantes et six arêtes latérales. Les angles sont également de deux espèces, deux angles culminans à six faces et réguliers, et six angles latéraux symétriques à quatre faces.

La section faite par les arêtes latérales est un hexagone régulier, c'est la base de la figure. De même que les quadratoctaèdres, les hexagondodécaèdres sont partagés en deux classes suivant la disposition des faces par rapport aux axes.

Dans les deux classes, les axes principaux joignent les angles culminans; mais dans la première classe, les axes secondaires joignent les angles latéraux opposés, tandis que dans la seconde ces axes joignent les points milieux des arêtes latérales opposées.

Les faces des hexagondodécaèdres de la première classe ne rencontrent que deux des axes secondaires, et sont parallèles au troisième, tandis que les faces des hexagondodécaèdres de la seconde classe rencontrent un axe immédiatement, et les deux autres, si on les prolonge suffisamment; elles coupent ces derniers de telle sorte que leurs longueurs sont précisément doubles de celle du premier axe. Les bases de deux

dodécaèdres de la première et de la seconde classe sont entre elles dans le rapport de 3 : 4, en supposant leurs axes secondaires égaux.

Il résulte de ce qui précède que la notation de la forme primitive doit être

$$(a : a : \infty a : c)$$

que celle des dodécaèdres de la première classe est

$$(a : a : \infty a : mc)$$

enfin, que celle des dodécaèdres de la seconde classe est

$$(2a : a : 2a : mc)$$

On remarque d'ailleurs que les dodécaèdres d'un même genre minéral ont leurs axes dans des rapports rationnels et simples; mais dans les dodécaèdres de deux genres différens, ces rapports sont extrêmement compliqués.

Inclinaisons des faces qui forment	
les arêtes culminantes.	133°.24′
les arêtes latérales.	103°.34′

2°. *Face extrême droite.* Elle est perpendiculaire à l'axe principal et a par conséquent pour notation :

$$(\infty a : \infty a : \infty a : c)$$

3°. *Prismes à six faces.* Les six faces de ces prismes sont parallèles à l'axe principal et se coupent sous des angles de 120°. Il existe deux prismes à six faces qui se distinguent par leurs positions relatives. Dans le premier, les axes secondaires joignent les angles; dans le deuxième, ils joignent les milieux des côtés de la section droite faite par le milieu de l'axe principal.

La section droite du premier prisme corres-

pond à la base des dodécaèdres de la première classe, tandis que celle du deuxième prisme correspond à la base des dodécaèdres de la deuxième classe. La notation du premier prisme est par conséquent :

$$(a : a : \infty a : \infty c)$$

celle du deuxième :

$$(2a : a : 2a : \infty c)$$

Il est inutile de dire que ces deux dernières formes ne peuvent se présenter qu'en combinaison.

4°. *Didodécaèdres*. Solides à vingt-quatre faces, trente-six arêtes et quatorze angles qui présentent en gros l'aspect d'hexagondodécaèdres sur les faces desquels, et dans la direction des diagonales, il se serait formé des arêtes. Les faces sont des triangles scalènes.

Les arêtes sont de trois espèces; douze arêtes culminantes qui correspondent aux arêtes extrêmes des dodécaèdres de la première classe; douze arêtes culminantes correspondant aux arêtes culminantes des dodécaèdres de la deuxième classe; enfin, douze arêtes latérales qui, prises deux à deux, correspondent à une arête latérale des hexagondodécaèdres. Les angles sont également de trois espèces, deux angles symétriques à douze faces, qui correspondent aux angles culminans des hexagondodécaèdres; six angles latéraux symétriques à quatre faces, qui correspondent aux angles latéraux des hexagondodécaèdres de la première classe et six angles latéraux symétriques à quatre faces, qui correspondent aux angles latéraux des hexagondodécaèdres de la seconde classe.

L'axe principal joint les angles culminans, les axes secondaires joignent les premiers angles latéraux.

La notation générale des didodécaèdres est

$$(a : na : pa : mc)$$

Quant aux rapports des axes, ce que nous avons dit pour les quadratoctaèdres et les hexagondodécaèdres s'applique exactement aux didodécaèdres.

5°. *Prismes à douze faces.* Les arêtes sont parallèles à l'axe principal, elles sont de deux espèces; les arêtes de deux en deux sont de même espèce. Leur section droite coïncide avec celle des didodécaèdres, de sorte que leur notation est

$$(a : na : pa : \infty c)$$

B. *Formes hémièdres.*

1°. *Hémidodécaèdres* ou *rhomboèdres*. Solides à six faces, douze arêtes et huit angles.

Les faces sont des rhombes. Les arêtes sont de deux espèces, six arêtes culminantes et six arêtes latérales, non situées dans un même plan.

Les angles sont de deux espèces, deux angles culminans réguliers à trois faces et six angles latéraux irréguliers à trois faces.

L'axe principal joint les deux angles culminans, et les axes secondaires joignent les milieux des arêtes latérales opposées.

Les rhomboèdres se déduisent des dodécaèdres par l'agrandissement des faces alternatives. Chaque dodécaèdre donne nécessairement lieu à deux rhomboèdres différens par leurs positions,

et que l'on distingue en *rhomboèdres de première et de seconde classe*. Dans la notation, on marque d'un accent les axes secondaires des rhomboèdres de la seconde classe, pour distinguer ces rhomboèdres de ceux de la première classe.

Ainsi, pour les rhomboèdres de la première classe, cette notation est

$$\tfrac{1}{2}(a : a : \infty a : mc$$

et pour la seconde classe

$$\tfrac{1}{2}(a' : a' : \infty a : mc)$$

La forme primitive est évidemment représentée par

$$\tfrac{1}{2}(a : a : \infty a : c)$$

Tous les rhomboèdres, qui se présentent dans un même genre minéral, forment une série analogue à celle que forment les quadratoctaèdres; et ce que nous avons dit à cette occasion pour ces quadratoctaèdres s'applique ici en grande partie.

Outre ces rhomboèdres, il en existe encore beaucoup d'autres différens; par exemple, des rhomboèdres qui, ayant leurs axes secondaires égaux à ceux des précédens, ont des axes principaux trois fois ou cinq fois plus grands ou plus petits. Chacun de ces nouveaux rhomboèdres peut être pris lui-même pour point de départ et donner une nouvelle série de rhomboèdres.

2°. *Hémididodécaèdres* ou *scalènoèdres*. Solides à douze faces; dix-huit arêtes et huit angles.

Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de trois espèces, six arêtes culminantes qui correspondent aux arêtes culminantes des rhom-

boèdres de la première classe, six arêtes culminantes correspondant aux arêtes culminantes des rhomboèdres de la seconde classe et six arêtes latérales non situées dans un même plan. Les angles sont de deux espèces, deux angles culminans symétriques à six faces et six angles latéraux à quatre faces et irréguliers.

L'axe principal joint les angles culminans, les axes secondaires joignent les milieux des arêtes latérales opposées.

Les scalènoèdres se déduisent des didodécaèdres par l'agrandissement des couples de faces adjacentes aux secondes arêtes culminantes.

Leurs notations sont

$$\frac{1}{2}(a : na : pa : mc) \text{ et } \frac{1}{2}(a' : na' : pa' : mc)$$

Les autres formes hémièdres du troisième système cristallin se rencontrent trop rarement pour que nous ayons besoin de nous y arrêter.

QUATRIÈME SYSTÈME CRISTALLIN.

Ce système est caractérisé par trois axes perpendiculaires entre eux, mais d'espèces différentes. Ici le choix de l'axe principal est tout-à-fait indifférent, seulement il faut avoir soin de conserver celui que l'on a choisi pour tous les cristaux d'un même genre minéral. Cet axe principal est désigné par c; le premier axe secondaire par a, et le second axe secondaire par b.

A. *Formes homoèdres.*

On divise les formes homoèdres de ce système en trois classes. La première comprend les formes dont les faces rencontrent à la fois les trois axes; la

deuxième, celles dont les faces ne rencontrent que deux axes et sont parallèles au troisième; enfin, la troisième comprend les formes dont les faces ne rencontrent qu'un seul axe et sont parallèles aux deux autres.

I. La première classe se réduit aux *rhomboctaèdres*, solides à huit faces, douze arêtes et six angles.

Les faces sont des triangles scalènes. Les arêtes sont de trois espèces; quatre arêtes culminantes qui joignent les extrémités de l'axe principal et du premier axe secondaire; quatre arêtes culminantes qui joignent les extrémités de l'axe principal et du second axe secondaire, et quatre arêtes latérales qui joignent les extrémités des axes secondaires. Les angles sont de trois espèces, à quatre faces et symétriques; deux angles culminans aux extrémités de l'axe principal, deux angles latéraux aux extrémités du premier axe secondaire et deux angles latéraux situés aux extrémités du second axe secondaire.

Chaque genre minéral du quatrième système cristallin présente plusieurs de ces rhomboctaèdres, dans lesquels les axes correspondans sont toujours dans des rapports très-simples.

Le rhomboctaèdre pris pour forme primitive ayant pour notation :

$$(a : b : c)$$

Les autres rhomboctaèdres seront représentés par les formules :

$$(a : b : mc), (a : mb : c)$$
$$(ma : b : c), (ma : nb : c)$$

II. Les formes dont les faces ne sont parallèles qu'à un seul axe, sont des prismes obliquangles

à quatre faces, qui se partagent en trois classes :

1°. Les prismes verticaux à quatre faces, dont les faces sont parallèles à l'axe principal et qui ont pour notation.

$$(a : mb : \infty c)$$

2°. Les prismes horizontaux à quatre faces, dont les faces sont parallèles au premier axe secondaire, et qui ont pour notation

$$(a : \infty b : mc)$$

3°. Les prismes horizontaux à quatre faces, dont les faces sont parallèles au second axe secondaire, et qui ont pour notation

$$(\infty a : mb : c)$$

III. Les formes dont les faces sont parallèles à deux axes se réduisent à trois faces avec leurs parallèles. Ces faces sont perpendiculaires à l'axe qu'elles rencontrent, et sont dirigées suivant les trois espèces d'angles des rhomboctaèdres.

1°. Faces perpendiculaires au premier axe secondaire, ayant pour notation :

$$(a : \infty b : \infty c)$$

2°. Faces perpendiculaires au second axe secondaire, ayant pour notation :

$$(\infty a : b : \infty c)$$

3°. Faces perpendiculaires à l'axe principal, ayant pour notation

$$(\infty a : \infty b : c)$$

Ces trois faces se combinent avec les rhomboctaèdres et les prismes à quatre faces.

B. *Formes hémièdres.*

Les formes hémièdres de ce système sont encore plus rares que celles du précédent. Elles se réduisent à des *hémioctaèdres* ou *tétraèdres*, qui se déduisent des rhomboctaèdres par l'agrandissement des faces alternatives.

CINQUIÈME SYSTÈME CRISTALLIN.

Les formes de ce système ont trois axes, tous trois d'espèces différentes; deux sont obliques l'un sur l'autre, et le troisième est perpendiculaire aux deux autres. Le choix de l'axe principal est encore ici arbitraire; cependant on prend généralement un des axes obliques, parce qu'ordinairement les cristaux ont pris un grand développement dans le sens d'un de ces axes.

On divise encore ces formes en trois classes :

I. *Formes dont les faces sont inclinées vers les trois axes.*

Ce sont des *octaèdres*, qui ont huit faces, douze arêtes et six angles.

Les faces sont des triangles scalènes de deux espèces. Les arêtes sont de quatre espèces; quatre arêtes culminantes qui joignent les axes *a* et *c*, et dont les opposées sont égales, quatre arêtes culminantes qui joignent les axes *b* et *c*; enfin, quatre arêtes latérales qui joignent les axes secondaires. Les angles sont à quatre faces et de trois espèces : deux angles culminans situés aux extrémités de l'axe principal et formés par trois espèces d'arêtes; deux angles culminans situés aux extrémités du premier axe secondaire, et formés éga-

dodécaèdres de la première et de la seconde classe sont entre elles dans le rapport de 3 : 4, en supposant leurs axes secondaires égaux.

Il résulte de ce qui précède que la notation de la forme primitive doit être

$$(a : a : \infty a : c)$$

que celle des dodécaèdres de la première classe est

$$(a : a : \infty a : mc)$$

enfin, que celle des dodécaèdres de la seconde classe est

$$(2a : a : 2a : mc)$$

On remarque d'ailleurs que les dodécaèdres d'un même genre minéral ont leurs axes dans des rapports rationnels et simples ; mais dans les dodécaèdres de deux genres différens, ces rapports sont extrêmement compliqués.

Inclinaisons des faces qui forment

les arêtes culminantes.	133°.24′
les arêtes latérales.	103°.34′

2°. *Face extrême droite*. Elle est perpendiculaire à l'axe principal et a par conséquent pour notation :

$$(\infty a : \infty a : \infty a : c)$$

3°. *Prismes à six faces*. Les six faces de ces prismes sont parallèles à l'axe principal et se coupent sous des angles de 120°. Il existe deux prismes à six faces qui se distinguent par leurs positions relatives. Dans le premier, les axes secondaires joignent les angles ; dans le deuxième, ils joignent les milieux des côtés de la section droite faite par le milieu de l'axe principal.

La section droite du premier prisme corres-

III. *Formes dont les faces sont inclinées vers un axe, et parallèles aux deux autres.*

Ces formes se réduisent à des faces uniques avec leurs parallèles, ce sont:

1°. Les faces ($a : \infty b : \infty c$) qui rencontrent l'axe a, et sont parallèles aux axes b et c;

2°. Les faces ($\infty a : b : \infty c$) qui rencontrent l'axe b, et sont parallèles aux axes a et c;

3°. Les faces ($\infty a : \infty b : c$) qui coupent l'axe c, et sont parallèles aux axes a et b.

SIXIÈME SYSTÈME CRISTALLIN.

Ce système a trois axes d'espèces différentes et obliques les uns sur les autres. Il faut encore choisir ici un des axes pour axe principal : on le désigne par c, et les deux axes secondaires par a et b. Les formes qui appartiennent à ce système se divisent encore en trois classes.

I. *Formes dont les faces sont inclinées vers les trois axes.*

Ces formes sont des *octaèdres*. Leurs huit faces sont, à l'exception des faces parallèles, toutes différentes; il en est de même des douze arêtes et des six angles. Ainsi, les faces sont de quatre espèces; ce sont des triangles scalènes; les arêtes sont de six espèces; les angles sont de trois espèces et formés par quatre arêtes toutes différentes.

Il peut encore se présenter un grand nombre de ces octaèdres dans un même genre minéral, on en choisit un pour forme primitive, qui ici est loin d'être une forme simple, puisqu'elle renferme quatre espèces de faces. La notation de cette forme primitive est ($a : b : c$); mais pour la

déterminer entièrement, il faut y joindre les valeurs des trois angles que les axes forment entre eux.

II. *Formes dont les faces rencontrent deux axes, et sont parallèles au troisième.*

Ce sont :

1°. *Prismes verticaux*, dont les faces sont parallèles à l'axe principal ;

2°. *Prismes horizontaux*, dont les faces sont parallèles au deuxième axe secondaire ;

3°. *Prismes horizontaux*, dont les faces sont parallèles au premier axe secondaire.

III. *Formes dont les faces sont inclinées vers un axe, et parallèles aux deux autres.*

Ces formes se réduisent à trois faces uniques.

Ce sont :

1°. La première face latérale ($a : \infty b : \infty c$) ;

2°. La deuxième face latérale ($\infty a : b : \infty c$) ;

3°. La face culminante ($\infty a : \infty b : c$).

Ces faces se présentent comme faces de troncature des trois espèces d'angles des octaèdres du sixième système cristallin.

M. Gustave Rose examine en outre, dans chaque système, les *zones* de ce système, c'est-à-dire les directions communes que présentent un certain nombre de faces dans chaque forme cristalline. Il nous a été impossible d'entrer ici dans ce détail.

L'ouvrage de M. Rose est terminé par un tableau des substances minérales cristallisées, classées uniquement d'après leurs formes cristallines ; nous rapportons ici ce tableau en entier, ainsi qu'un extrait des notes qui l'accompagnent.

Ce tableau est partagé en six grandes divisions qui correspondent aux six systèmes cristallins ;

chacune de ces divisions se subdivise en deux parties, dont la première renferme les formes homoèdres, et la seconde les formes hémièdres du système. Les formes hémièdres sont elles-mêmes divisées, dans les deux premiers systèmes cristallins, en formes hémièdres à faces inclinées, et en formes hémièdres à faces parallèles.

Les chiffres romains de la première colonne du tableau se rapportent aux genres minéralogiques (*genera*), les chiffres arabes se rapportent aux espèces (*species*). Un genre comprend toutes les substances isomorphes ; les espèces sont déterminées par les différences de composition chimique, différences qui s'annoncent souvent par de petites variations dans les angles des cristaux.

Les chiffres placés à la suite des noms des minéraux renvoient aux notes qui suivent le tableau.

Le point d'interrogation qui se trouve après le nom d'un minéral, ou après sa formule chimique, indique que le gisement de ce minéral, ou sa formule chimique, n'est pas jusqu'à présent déterminé avec assez de certitude.

Enfin, les noms de tous les minéraux que M. G. Rose n'a pas examinés lui-même, se trouvent suivis du nom du minéralogiste, d'après les observations duquel ces minéraux ont été classés.

TABLEAU DES SUBSTANCES MINÉRALES CRISTALLISÉES.

SYSTÈME CRISTALLIN RÉGULIER.

A. *Formes homoèdres.*

I.	1.	Cuivre.	Cu.
	2.	Argent.	Ag.
	3.	Or.	Au.
	4.	Goldsilber.	(Au, Ag).
	5.	Platine.	Pt.
	6.	Amalgame.	$Ag\,Hg^2$.
II.	1.	Bismuth.	Bi.
III.	1.	Flussspath. (Spath fluor).	Ca F.
IV.	1.	Sel gemme. . . .	Na Gl.
V.	1.	Hornerz (Chlorure d'argent).	Ag Gl.
VI.	1.	Speiskobalt (Arseniure de Cob.). . .	$Co\,As^2$.
VII.	1.	Manganglanz (Sulfure de mangan.) (*Mohs*).	$\dot{M}n$.
VIII.	1.	Bleiglanz (Gal.).	$\dot{P}b$.
	2.	Séléniure de plomb.	Pb Se.
	3.	Séléniure de cobalt et de plomb. . . .	(Pb, Co) Se.
	4.	Séléniure de mercure et de plomb.	(Pb, Hg) Se.
	5.	Séléniure d'argent et de plomb. . . .	(Pb, Ag) Se.

IX.	1.	Silberglanz (Sulf. d'argent)......	$\overset{\prime}{Ag}$.
X.	1.	Buntkupfererz (Cuivre panaché)..	$\overset{\prime}{Cu}{}^2 Fe$.
XI.	1.	Zinnkies? (*Haid.*) (Étain pyriteux)..	$\overset{\prime}{Cu}\ \overset{\prime\prime}{Sn}$.
XII.	1.	Kobaltkies (Sulf. de cob.)......	$\overset{\prime\prime\prime}{Co}$.
XIII.	1.	Rothkupfererz (Cuivre oxidulé).	$\dot{Cu}$.
XIV.	1.	Spinelle......	$\dot{Mg}\ \dddot{Al}$.
	2.	Zeilanite......	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})\ \dddot{Al}$.
	3.	Gahnite......	$(\dot{Zn}, \dot{Mg}, \dot{Fe})\ \dddot{Al}$
	4.	Oxide de fer magnétique......	$\dot{Fe}\ \dddot{Fe}$.
	5.	Franklinite......	$(\dot{Fe}, \dot{Zn})\ (\dddot{Fe}, \dddot{Mn})$.
	6.	Fer chrômé....	$(\dot{Fe}, \dot{Mg})\ (\dddot{Cr}, \dddot{Al})$.
XV.	1.	Arsenikblüthe (Acide arsenieux).	$\dddot{As}$.
XVI.	1.	Pyrochlore.....	$\dot{Ca}, \dot{Y}, \dot{U}, \ddot{Ti}$.
XVII.		Grenats......	$\dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}\ \dddot{Si}$.
	1.	Almandine.....	$(\dot{Fe}^3, \dot{Mn}^3)\ \dddot{Si} + \dddot{Al}\ \dddot{Si}$.
	2.	Kanelstein......	$(\dot{Ca}^3, \dot{Fe}^3)\ \dddot{Si} + \dddot{Al}\ \dddot{Si}$.
	3.	Grossulaire.....	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si} + (\dddot{Al}, \dddot{Fe})\ \dddot{Si}$
	4.	Grenat commun..	$(\dot{Ca}^3, \dot{Fe}^3, \dot{Mn}^3)\ \dddot{Si} + (\dddot{Al}, \dddot{Fe})\ \dddot{Si}$.
	5.	Mélanite......	$(\dot{Ca}^3, \dot{Mg}^3, \dot{Fe}^3, \dot{Mn}^3)\ \dddot{Si} + \dddot{Al}\ \dddot{Si}$.
	6.	Mangangranat...	$(\dot{Mn}^3, \dot{Fe}^3)\ \dddot{Si} + \dddot{Al}\ \dddot{Si}$
	7.	Rothoffite.....	$(\dot{Ca}^3, \dot{Mn}^3)\ \dddot{Si} + \dddot{Fe}\ \dddot{Si}$

XVIII.	1.	Pyrope (1).	$\dot{Fe}, \dot{Ce}, \dot{Mg}, \dot{Mn}, \ddot{Si}, \ddot{Cr}$.
XIX.	1.	Cancrinite (2). . .	$\dot{Na}, \dddot{Al}, \dddot{Si}$.
XX.	1.	Leucite.	$\dot{K}^3\dddot{Si}^2 + 3 \dddot{Al} \dddot{Si}^2$.
XXI.	1.	Analcime.	$\dot{N}^3 \dddot{Si}^2 + 3 \dddot{Al} \dddot{Si}^2 + 6 \dot{H}$.
XXII.	1.	Lasurstein (Lazulite).	$\dot{Na}, \dot{Ca}, \dddot{Al}, \dddot{Si}, \dddot{S}$.
	2.	Haüyne..	$\dot{K}, \dot{Ca}, \dddot{Al}, \dddot{Si}, \dddot{S}$.
	3.	Noziane.	$\dot{Na}, \dddot{Al}, \dddot{Si}, \dddot{S}$.
XXIII.	1.	Sodalite.	$\dot{Na}, \dddot{Al}, \dddot{Si}$, Na Gl.
XXIV.	1.	Alunite.	$\dot{K} \dddot{S} + \dddot{Al} \dddot{S}^3 + 24 \dot{H}$.

B. *Formes hémièdres.*

(1) A faces inclinées.

XXV.	1.	Diamant.	C.
XXVI.	1.	Blende.	$\dot{Zn}$.
XXVII.	1.	Kupferfahlerz(3).	$(\dot{Fe}^4, \dot{Zn}^4)(\dddot{Sb}, \dddot{As}) + 2 \dot{Cu}^4 (\dddot{Sb}, \dddot{As})$
	2.	Silberfahlerz. . .	. . . .
XXVIII.	1.	Würfelerz. . . , .	$\dot{Fe}^3 \ddot{As} + \ddot{Fe} \ddot{As}^2 + 18 \dot{H}$.
XXIX.	1.	Blende de Bismuth.	$6 \ddot{B} \dddot{Si}^2 + (\ddot{Bi}, \ddot{Fe}) \ddot{P} + \ddot{Bi}$ F.
XXX.	1.	Helwine.	$3 \dot{Mn} Mn + \dot{Mn}^3 \dddot{Si}^2 + 2 (\ddot{Bi} \dddot{Si} + \ddot{Fe} \dddot{Si})$.
XXXI.	1.	Boracite.	$\dot{Mg}^2 \dddot{Bo}$.

(2) A faces parallèles.

XXXII.	1.	Eisenkies (Pyrite).	$\ddot{Fe}$.
XXXIII.	1.	Kobaltglanz. . .	(Co, Fe) S^2 + (Co, Fe) As^2.
	2.	Nickelglanz. . . .	Ni S^2 + Ni As^2
	3.	Nickelspiesglanzerz (4).	Ni S^2 + Ni Sb^2.

2°. SYSTÈME CRISTALLIN.

A. *Formes homoèdres.*

I.	1.	Blättererz (*Phillips*). . :	Pb, Au, Te.
II.	1.	Kryolite (?). . . .	3 Na F + Al F^3.
III.	1.	Quecksilberhornerz (Protoch. de m.). .	Hg Cl.
IV.	1.	Braunite.	$\dddot{Mn}$.
V.	1.	Hausmannite (5). .	$\dot{Mn}$, + $\dddot{Mn}$.
VI.	1.	Rutile.	$\ddot{Sn}$
	2.	Zinnstein (Oxide d'étain).	$\ddot{Ti}$.
VII.	1.	Anatase.	$\ddot{Ti}$ (?).
VIII.	1.	Hornbleierz (*Brooke*).	Pb Cl + $\dot{Pb}$ $\ddot{C}$.
IX.	1.	Phosphate d'Yttria (*Haid.*).	$\dot{Y}^3$ $\ddot{\ddot{P}}$.
X.	1.	Uranite.	$\dot{Ca}^3$ $\ddot{\ddot{P}}$ + 2 $\dddot{U}$ $\ddot{\ddot{P}}$ + 24 $\dot{H}$.
	2.	Chalcolite.	$\dot{Cu}^3$ $\ddot{\ddot{P}}$ + 2 $\dddot{U}$ $\ddot{\ddot{P}}$ + 24 $\dot{H}$.
XI.	1.	Zircon.	$\dddot{Zr}$ $\dddot{Si}$.

XII.	1.	Vésuvienne. . . .	$\dot{Ca}^3 \dddot{Si} + (\dddot{Al}, \dddot{Fe}) \dddot{Si}$. Comme le grenat.
XIII.	1.	Mellilite(*Phillips*).	$\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dddot{Fe}, \dddot{Si}$.
XIV.	1.	Gehlenite (?). . .	$2\dot{Ca}^3 \dddot{Si} + (\dddot{Al}^2, \dddot{Fe}) \dddot{Si}$.
XV.	1.	Wernerite (6). . .	$(\dot{Ca}^3, \dot{Na}^3) \dddot{Si}^2 + 2 \dddot{Al} \dddot{Si}$.
XVI.	1.	Apophyllite. . . .	$\dot{K} \dddot{Si}^2 + 8 \dot{Ca} \dddot{Si} + 16 \dot{H}$.
XVII.	1.	Humboldtilite. . .	$\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dddot{Si}$.
XVIII.	1.	Sommervillite (*Brooke*).	. . . .
XIX.	1.	Honigstein (Mellite).	$\dddot{Al}\, \overline{M}^3 + 18 \dot{H}$.

B. *Formes hémièdres.*

(1) A faces inclinées.

XX.	1.	Kupferkies (Pyrite cuivreuse).	$\ddot{Cu}\, \dddot{Fe}$.
XXI.	1.	Edingtonite (*Haid.*).	$\dot{Ca}, \dddot{Al}, \dddot{Si}, \dot{H}$.

(2) A faces parallèles.

XXII.	1.	Fergusonite (*Haid.*).	$(\dot{Y}^6, \dot{Ce}^6) \dddot{Ta}$.
XXIII.	1.	Tungstein.	$\dot{Ca}\, \dddot{W}$.
	2.	Scheelbleierz (*Lévy*)(Tungst. depl.).	$\dot{Pb}\, \dddot{W}$.
	3.	Gelbbleierz. . . .	$\dot{Pb}\, \dddot{M}$.
XXIV.	1.	Sarcolite(*Brooke*).	. . . . . .

3e. SYSTÈME CRISTALLIN.

A. *Formes homoèdres.*

I.	1. Palladium (?). . .	Pa (?).
II.	1. Osmium-Iridium.	Ir, Os.
III.	1. Graphite.	C, comme le diamant.
IV.	1. Fluorure de cérium.	$Ce\ \overline{F}$
V.	1. Magnetkies (Pyrite magnétique). . .	$\overset{\prime}{Fe}$ (?).
VI.	1. Molybdänglanz (Sulfure de Molybdène).	$\overset{\prime\prime\prime}{Mo}$.
VII.	1. Apatite d'Ehrenfriedersdorf. . . .	$Ca\ \overline{F} + 3\ \dot{C}a^3\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.
	2. Apatite de Snarum.	$Ca\ (\overline{Cl}, \overline{F}) + 3\ \dot{C}a^3\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.
	3. Phosphate de plomb de Freiberg.	$(Pb\ \overline{Cl},\ Ca\ \overline{F})$ $+ 3\ (\dot{P}b^3, \dot{C}a^3)\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.
	4. Phosphate de plomb de Zschoppau..	$Pb\ \overline{Cl} + 3\ \dot{P}b^3\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.
	5. Arsen. de plomb de J. Georgenstadt.	$Pb\ \overline{Cl} + 3\ \dot{P}b^3\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}$.
VIII.	1. Vanadinbleierz. .	$Pb\ \overline{Cl}\ \dot{P}b^4 + 3\ \dot{P}b^2\ \dddot{V}$.
IX.	1. Quartz.	$\dddot{Si}$.
X.	1. Mica à un axe. .	$\dot{K}, \dot{M}g, \dddot{Al}, \dddot{\overline{F}}, \dddot{Si}$.
XI.	1. Talc.	$\dot{M}g, \dddot{Si}$.

XII.	1.	Chlorite.	$\dot{\mathrm{Mg}}, \dot{\mathrm{Fe}}, \dddot{\mathrm{Al}}, \dddot{\mathrm{Si}}, \dot{\mathrm{H}}$.
XIII.	1.	Néphéline (?). . .	$\dot{\mathrm{Na}}^3\, \dddot{\mathrm{Si}} + 3\, \dddot{\mathrm{Al}}\, \dddot{\mathrm{Si}}$.
	2.	Davyne.	$\dot{\mathrm{K}}^3\, \dddot{\mathrm{Si}} + 3\, \dddot{\mathrm{Al}}\, \dddot{\mathrm{Si}}$
XIV.	1.	Béril.	$\dddot{\mathrm{Be}}\, \dddot{\mathrm{Si}}^4 + 2\, \dddot{\mathrm{Al}}\, \dddot{\mathrm{Si}}^2$.
XV.	1.	Cronstedtite. . . .	$\dot{\mathrm{Mg}}, \dot{\mathrm{Fe}}, \dot{\mathrm{Mn}}, \dddot{\mathrm{Fe}}, \dddot{\mathrm{Si}}, \dot{\mathrm{H}}$.
XVI.	1.	Gmelinite (*Brewster*).	$\dot{\mathrm{Na}}, \dot{\mathrm{Ca}}, \dddot{\mathrm{Al}}, \dddot{\mathrm{Si}}, \dot{\mathrm{H}}$.
XVII.	1.	Pyrosmalite. . . .	$\mathrm{Fe}\, \mathrm{Cl}^3 + \dddot{\mathrm{Fe}}\, \dot{\mathrm{H}}^6 + 4\, (\dot{\mathrm{Fe}}^3, \dot{\mathrm{Mn}}^3)\, \dddot{\mathrm{Si}}^2$.
XVIII.	1.	Sulfate de fer du Chili.	$\dddot{\mathrm{Fe}}\, \dddot{\mathrm{S}}^3 + 9\, \dot{\mathrm{H}}$.

B. *Formes hémièdres.*

XIX.	1.	Tellure.	Te.
	2.	Antimoine.	Sb.
	3.	Arsenic.	As.
XX.	1.	Tetradymite. . . .	$2\, \mathrm{Bi}\, \mathrm{Te}^3 + \mathrm{Bi}\, \overset{,}{\mathrm{S}}^3$.
XXI.	1.	Cinnabre ?	$\overset{,}{\mathrm{Hg}}$.
XXII.	1.	Dunkles Rothgultigerz (arg. rouge ant.).	$\overset{,}{\mathrm{Ag}}^3\, \overset{,,,}{\mathrm{Sb}}$.
	2.	Lichtes Rothgultigerz (arg. rouge ars.).	$\overset{,}{\mathrm{Ag}}^3\, \overset{,,,}{\mathrm{As}}$.
XXIII.	1.	Polybasite.	$\overset{,}{\mathrm{Cu}}^9 (\overset{,,,}{\mathrm{Sb}}, \overset{,,,}{\mathrm{As}}) + 4\, \overset{,}{\mathrm{Ag}}^9 (\overset{,,,}{\mathrm{Sb}}, \overset{,,,}{\mathrm{As}})$.
XXIV.	1.	Corund (Corindon).	$\dddot{\mathrm{Al}}$.

	2. Eisenglanz (Fer oligiste).....	($\dddot{Fe}$.
	3. Fer titané d'Arendal......	($\dddot{Fe}$, $\dot{Fe}\,\dddot{Ti}$).
	4. Ilmenite.....	($\dot{Fe}\,\dddot{Ti}$, $\dddot{Fe}$).
XXV.	1. Crichtonite...	....
XXVI.	1. Mohsite (*Lévy*).	....
XXVII.	1. Spath calcaire..	$\dot{Ca}\,\ddot{C}$.
	2. Dolomie.....	$\dot{Ca}\,\ddot{C} + \dot{Mg}\,\ddot{C}$.
	3. Talkspath....	($\dot{Mg}$, $\dot{Fe}$) $\ddot{C}$.
	4. Mesitinspath (*Breithaupt*)..	($\dot{Fe}$, $\dot{Mg}$) $\ddot{C}$.
	5. Manganspath..	($\dot{Mn}$, $\dot{Ca}$) $\ddot{C}$.
	6. Spatheisenstein (Carb. de fer).	($\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$) $\ddot{C}$.
	7. Gallmei (Calamine)......	$\dot{Zn}\,\ddot{C}$.
XXVIII.	1. Kupferglimmer (*Phillips*) (Ars. de cuivre)....	$\dot{Cu}$, $\dddot{As}$, $\dot{H}$.
XXIX.	1. Nitrate de soude.	$\dot{Na}\,\dddot{N}$.
XXX.	1. Chabasite (8)..	($\dot{Ca}^3$, $\dot{Na}^3$, $\dot{K}^3$) $\dddot{Si}^2$ + 3 $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$ + 18 $\dot{H}$.
XXXI.	1. Levyne (9)...	....
XXXII.	1. Sideroschisolite.	$\dot{Fe}$, $\dddot{Al}$, $\dddot{Si}$, $\dot{H}$.
XXXIII.	1. Dioptase.....	$\dot{Cu}^3\,\dddot{Si}^2 + 3\,\dot{H}$.
XXXIV.	1. Wilhelmite...	$\dot{Zn}$, $\dddot{Si}$.
XXXV.	1. Tourmaline...	$\dot{K}$, $\dot{L}$, $\dot{Na}$, $\dot{Mg}$, $\dot{Fe}$, $\dddot{Al}$, $\dddot{Si}$, $\dddot{Bo}$.

XXXVI.	1.	Eudyalite. . . .	$\dot{Na}\,Gl + (\dot{Na}^3\dddot{Si}^2 + \dot{Ca}^3\dddot{Si}^2 + \ddot{Zr}\,\dddot{Si} + \dddot{Fe}\,\dddot{Si})$.
XXXVII.	1.	Alunite (10). . .	$\dot{K}^3\dddot{S} + 12\,\dddot{Al}\,\dddot{S} + 24\,\dot{H}$ (?).

4°. SYSTÈME CRISTALLIN.

I.	1.	Weisstellurerz (*Brooke*).	Pb, Au, Ag, Te.
II.	1.	Antimonsilber (Antim. d'argent). . .	Ag Sb.
III.	1.	Arsenikeisen (Ars. de fer) (*Mohs*). .	Fe As^2.
IV.	1.	Fluellite (*Wollaston*).	A, F.
V.	1.	Soufre.	S.
VI.	1.	Kupferglanz (Sulf. de cuivre) . . .	$\acute{Cu}$.
VII.	1.	Wismuthglanz (Sulf. de bismuth) (*Phillips*). . . .	$\dddot{Bi}$.
VIII.	1.	Antimonglanz (Sulf. d'antimoine)	$\dddot{Sb}$.
	2.	Orpiment (11). . . .	$\dddot{As}$.
IX.	1.	Zinkenite.	$\acute{Pb}\,\dddot{Sb}$.
X.	1.	Bournonite.	$\acute{Cu}^3\,\dddot{Sb} + 2\,\acute{Pb}^3\,\dddot{Sb}$.
XI.	1.	Sprödglaserz. . . .	$\acute{Ag}^6\,\dddot{Sb}$.

XII.	1.	Schilfglaserz. . . .	$\dot{Ag}, \dddot{\bar{Sb}}$.
XIII.	1.	Speerkise (Pyrite blanche).	$\overset{\prime\prime}{F}$ comme la Pyrite ordinaire.
XIV.	1.	Sternbergite. . . .	Fe, Ag, S.
XV.	1.	Arsenikkies (Mispickel).	$Fe\,S^2 + Fe\,\bar{As}^2$ comme le Kobaltglanz.
XVI.	1.	Atakamite.	$\dot{Cu}\,\bar{Cl} + 3\,\dot{Cu} + 4\,\dot{\bar{H}}$.
XVII.	1.	Manganite.	$\dddot{\bar{Mn}}\,\dot{\bar{H}}$.
XVIII.	1.	Tantalite (*Nordenskiöld*). . . .	$\dot{Fe}\,\dddot{\bar{Ta}}$.
XIX.	1.	Weisssspiessglanzerz	$\dddot{\bar{Sb}}$.
XX.	1.	Pyrolusite.	$\ddot{Mn}$.
XXI.	1.	Polymignite. . . .	$\ddot{Ti}, \ddot{\bar{Zr}}, \dot{Fe}, \dot{Y}, \dot{Ce}, \dot{Ca}, \ddot{Mn}$.
XXII.	1.	Eschinite.	$\ddot{\bar{Zr}}, \ddot{Ti}$.
XXIII.	1.	Brookite.	$\ddot{Ti}$,......
XXIV.	1.	Witherite.	$\dot{Ba}\,\ddot{C}$.
	2.	Strontianite. . . .	$\dot{Sr}\,\ddot{C}$.
	3.	Arragonite.	$\dot{Ca}\,\ddot{C}$ comme le spath calcaire.
	4.	Weissbleierz (Carbon. de plomb). .	$\dot{Pb}\,\ddot{C}$.
XXV.	1.	Wawellite.	$\dddot{\bar{Al}}^4\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}^3 + 36\,\dot{\bar{H}}$.
XXVI.	1.	Olivenite (12). . .	$\dot{Cu}^4\,(\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}, \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}) + \dot{\bar{H}}$.
	2.	Libethenite. . . .	$\dot{Cu}^4\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}} + 2\,\dot{\bar{H}}$ (?).
XXVII.	1.	Euchroïte.	$\dot{Cu}^4\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}} + 8\,\dot{\bar{H}}$.

XXVIII.	1. Haidingerite (*Haid.*)	$\dot{Ca}_2 \dddot{As} + 4 \dot{H}$.
XXIX.	1. Scorodite (13). .	$\dot{Fe}^2 \dddot{As} + 2 \dddot{Fe} \dddot{As} + 12 \dot{H}$.
XXX.	1. Linsenerz.	$\dot{Cu}, \ddot{Al}, \ddot{Fe}, \dddot{As}. \dddot{P}, \dot{H}$.
XXXI.	1. Lazulite (*Phillips*).	$\dot{Mg}, \dot{Fe}, \ddot{Al}, \dddot{P}, \dot{H}$.
XXXII.	1. Childrenite. . . .	$\ddot{Al}, \ddot{Fe}, \dddot{P}$.
XXXIII.	1. Salpêtre.	$\dot{K} \dddot{N}$.
XXXIV.	1. Staurolithe. . .	$(\ddot{Al}^4, \ddot{Fe}^4) \dddot{Si}$
XXXV.	1. Chrysoberil. . .	$\ddot{Al}^4 \dddot{Si} + 2 \dddot{Be} \ddot{Al}^4$.
XXXVI.	1. Andalusite. . .	$\ddot{Al}, \dddot{Si}$.
XXXVII.	1. Sillimanite (?) (*Phillips*). . .	$\ddot{Al}, \dddot{Si}$.
XXXVIII.	1. Chrysolite. . . .	$(\dot{Mg}^3, \dot{Fe}^3) \dddot{Si}$
XXXIX.	1. Lievrite.	$\dot{Ca}, \dot{Fe}, \ddot{Fe}, \dddot{Si}$.
XL.	1. Allanite (14). . .	$\dot{Ce}, \dot{Ca}, \ddot{Fe}, \dddot{Si}$.
XLI.	1. Kieselzinkerz. . .	$2 \dot{Zn}^3 \dddot{Si} + 3 \dot{H}$.
XLII.	1. Thompsonite. . .	$\dot{Na}^3 \dddot{Si} + \ddot{Al} \dddot{Si} + 3 \dot{H} + 3(\dot{Ca}^3 \dddot{Si} + \ddot{Al} \dddot{Si} + 9 \dot{H})$.
XLIII.	1. Comptonite. . .	. . . .
XLIV.	1. Prehnite.	$\dot{Ca}^2 \dddot{Si} + \ddot{Al} \dddot{Si} + \dot{H}$.
XLV.	1. Dichroïte.	$(\dot{Mg}^3, \dot{Fe}^3) \dddot{Si}^2 + 3 \ddot{Al} \dddot{Si}$.
XLVI.	1. Picrosmine (*Haidg.*).	$3 \dot{Mg}^3 \dddot{Si}^2 + \dot{H}$.
XLVII.	1. Harmotome alcaline (15).	$(\dot{K}^3, \dot{Ca}^3) \dddot{Si}^2 + 3 \ddot{Al} \dddot{Si}^2 + 15 \dot{H}$ (?).

	2.	*Id.* barytique. . .	$\dot{Ba}^3\dddot{Si}^2+3\dddot{Al}\dddot{Si}^2+15\dot{H}$ (?).
XLVIII.	1.	Desmine (16). . .	$\dot{Ca}\dddot{Si}+\dddot{Al}\dddot{Si}^3+6\dot{H}$.
XLIX.	1.	Epistilbite.	$(\dot{Ca},\dot{Na})\dddot{Si}+\dddot{Al}\dddot{Si}^3+5\dot{H}$.
L	1.	Forsterite (*Lévy*).	. . . .
LI.	1.	Topaze.	$\dddot{Al}\,Al\,F^3+3\dddot{Al}\dddot{Si}$.
LII.	1.	Brochantite. . . .	$\dot{Cu}^3\dddot{S}+3\dot{H}$.
LIII.	1.	Königite (*Lévy*).	$\dot{Cu}$, $\dddot{S}$.
LIV.	1.	Thenardite. . . .	$\dot{Na}\dddot{S}$.
LV.	1.	Schwerspath (Sulf. de baryte).	$\dot{Ba}\dddot{S}$.
	2.	Strontspath (Sulf. de strontiane). . .	$\dot{Sr}\dddot{S}$.
	3.	Bleivitriol (Sulf. de plomb). . . .	$\dot{Pb}\dddot{S}$.
LVI.	1.	Anhydrite.	$\dot{Ca}\dddot{S}$.
LVII.	1.	Polyhalite (*Haidg*).	$\dot{K}\dddot{S}+\dot{Mg}\dddot{S}+2\dot{Ca}\dddot{S}+2\dot{H}$.
LVIII.	1.	Bittersalz (Sulf. de magnésie).	$\dot{Mg}\dddot{S}+7\dot{H}$.
	2.	Zinkvitriol (Sulf. de zinc).	$\dot{Zn}\dddot{Si}+7\dot{H}$.
LIX.	1.	Sulfocarbonate de plomb cuprifère. .	$\dot{Pb}$, $\dot{Cu}$, $\dddot{S}$, $\ddot{C}$.
LX.	1.	Mengite.	. . . .
LXI.	1.	Monticellite (*Brooke*).	. . . .
LXII.	1.	Herderite.	. . . .
LXIII.	1.	Hopéite (*Haidg*).	$\dot{Zn}$,......

5°. SYSTÈME CRISTALLIN.

I.	1.	Schrifterz (17). . .	Ag, Au, Te.
II.	1.	Réalgar.	$\overset{,}{As}$.
III.	1.	Myargyrite.	$\dot{Ag}\,\overset{,,,}{\bar{S}b}$.
IV.	1.	Argent sulfuré flexible (*Brooke*).	Ag, S.
V.	1.	Hématite brune (18)	$\dddot{\bar{F}}{}^2\,\bar{H}^3$.
VI.	1.	Columbite (19). .	$\dot{Mn}\,{}^3\bar{T}{}^3\,\dot{Fe}^3\,\dddot{\bar{T}a}$.
VII.	1.	Malachite.	$\dot{Cu}^2\,\ddot{C}+\dot{\bar{H}}$.
VIII.	1.	Soda (Carbonate de soude).	$\dot{\bar{N}a}\,\ddot{C}+10\,\dot{\bar{H}}$.
IX.	1.	Gaylussite.	$\dot{Na}\,\ddot{C}+\dot{Ca}\,\ddot{C}+6\,\dot{\bar{H}}$.
X.	1.	Barytocalcite. . .	$\dot{Ba}\,\ddot{C}+\dot{Ca}\,\ddot{C}$.
XI.	1.	Kupferlazur (Carbonate de cuivre).	$2\,\ddot{Cu}\,\dot{C}+\dot{Cu}\,\dot{\bar{H}}$.
XII.	1.	Trona.	$\dot{\bar{N}a}^2\,\ddot{C}^3+4\,\dot{\bar{H}}$.
XIII.	1.	Phosphate de cuiv. de Rheinbreitenb.	$\dot{Cu}^5\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}+5\,\dot{\bar{H}}$.
XIV.	1.	Vivianite (20). . .	$\dot{F}^3\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}+6\,\dot{\bar{H}}$ (?).
	2.	Kobaltblüthe (Arseniate de cobalt).	$\dot{Co}^3\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}+6\,\dot{\bar{H}}$.
XV.	1.	Pharmacolite (*Haid*).	$\dot{Ca}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}+6\,\dot{\bar{H}}$.
XVI.	1.	Stahlerz (*Phillips*).	$\dot{Cu}$, $\dot{Fe}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}$.
XVII.	1.	Wagnérite. . . .	$Mg\,\bar{F}+\dot{Mg}^3\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$.
XVIII.	1.	Wolfram.	$\dot{Mn}\,\dddot{W}+3\,\dot{Fe}\,\dddot{W}$.

XIX.	1.	Vauquelinite (*Haid*)	$\dot{Cu}^3\ddot{Cr} + 2\ \dot{Pb}^3\ \ddot{Cr}$.
XX.	1.	Rothbleierz (Plomb rouge).	$\dot{Pb}\ \ddot{Cr}$.
XXI.	1.	Gadolinite (*Phillips*).	$(\dot{Fe}^6, \dot{Ce}^6)\ \dddot{Si} + 2\ \dot{Y}^3\ \dddot{Si}$.
XXII.		Epidote.	$\dot{R}^3\ \dddot{Si} + 2\ \ddot{R}\ \dddot{Si}$.
	1.	Zoïsite..	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si} + 2\ \ddot{Al}\ \dddot{Si}$.
	2.	Pistazite	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si} + 2\ (\ddot{Al}, \ddot{Fe})\ \dddot{Si}$.
	3.	Braunstein du Piémont.	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si} + 2\ (\ddot{Al}, \ddot{Mn})\ \dddot{Si}$.
	4.	Bucklandite (21).	. . . .
XXIII.	1.	Euclase.	$\ddot{Be}\ \dddot{Si}^2 + 2\ \ddot{Al}\ \dddot{Si}$.
XXIV.	1.	Mica à deux axes. (22).	$\dot{K}, \dot{L}, \ddot{Al}, \ddot{Fe}, \dddot{Si}, F$.
XXV.	1.	Spath en tables (*Brook*).	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si}^2$.
XXVI.		Augite et Hornblende (23). . . .	. . . .
	1.	Diopside.	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si}^2 + \dot{Mg}^3\ \dddot{Si}^2$.
	2.	Sahlite.	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si}^2 + (\dot{Mg}^3, \dot{Fe}^3)\ \dddot{Si}^2$.
	3.	Hedenbergite. . .	$\dot{Ca}^3\ \dddot{Si}^2 + \dot{Fe}^3\ \dddot{Si}^2$.
	4.	Augite basaltique.	$\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}, \ddot{Al}, \dddot{Si}$.
	5.	Rothbraunsteinerz (Sil. de mang.). .	$\dot{Mn}^3\ \dddot{Si}^2$.
	6.	Achmite.	$3\ \dot{Na}\ \dddot{Si} + 2\ \ddot{Fe}\ \dddot{Si}^2$.
	7.	Diallage.	$\dot{Mg}^3\ \dddot{Si}^2 + (\dot{Ca}^3, \dot{Fe}^3)\ \dddot{Si}^2$.
	8.	Bronzite.	$\dot{Mg}^3\ \dddot{Si}^2$.
	9.	Hyperstène. . . .	$\dot{Mg}^3\ \dddot{Si}^2 + \dot{Fe}^3\ \dddot{Si}^2$.

	10,	Uralite.	. . . .
	11.	Trémolite.	$\dot{Ca}\,\dddot{Si} + \dot{Mg}^3\,\dddot{Si}^2$.
	12.	Antophyllite. . . .	$\dot{Fe}\,\dddot{Si} + 3\,\dot{Mg}^3\,\dddot{Si}^2$.
	13.	Strahlstein.	$\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}, \ddot{Al}, \dddot{Si}$.
	14.	Hornblendebasalt.	$\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}, \ddot{Al}, \dddot{Si}$.
XXVII.	1.	Laumontite. . .	$\dot{Ca}^3\,\dddot{Si}^2 + 4\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}^2 + 18\,\dot{H}$.
XXVIII.	1.	Couzeranite. . .	$3\,(\dot{Ca}, \dot{K}, \dot{Na})\,\dddot{Si}$ $+ 2\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}$ (?).
XXIX.		Mésotype (24). .	. . . .
	1,	Natrolite. . . .	$\dot{Na}\,\dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\,\dot{H}$.
	2	Mésolite.	$\dot{Na}\,\dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\,\dot{H}$ $+ 3(\dot{Ca}\,\dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si} + 3\,\dot{H})$.
	3.	Scolezite.	$\dot{Ca}\,\dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si} + 3\,\dot{H}$.
XXX.	1.	Feldspath. . . .	$\dot{K}\,\dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si}^3$.
XXXI.	1	Stilbite.	$3\,\dot{Ca}\,\dddot{Si} + 4\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + 18\,\dot{H}$.
XXXII.	1.	Brewsterite (25).	$5\,(\dot{Sr}, \dot{Ba})\,\dddot{Si}$ $+ 4\,\ddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + 18\,\dot{H}$.
XXXIII.	1.	Humite (26). . .	$\dot{Mn}\,Mn\,F^3 + \dot{Mn}^3\,\dddot{Si}$.
XXXIV.	1.	Titanite.	$\dot{Ca}\,\ddot{Ti}^3 + \dot{Ca}\,\dddot{Si}^2$.
XXXV.	1.	Tinkal (Borax). .	$\dot{Na}\,\dddot{Bo} + 10\,\dot{H}$.
XXXVI.	1.	Datholite. . . .	$\dot{Ca}\,\dddot{Bo} + \dot{Ca}\,\dddot{Bo} + \dot{H}$.
XXXVII.	1.	Botryogène. . .	$\dot{Fe}^3\,\dddot{S}^2 + 3\,\dot{Fe}\,\dddot{S}^2$ $+ 36\,\dot{H}$.
XXXVIII.	1.	Glaubérite. . . .	$\dot{Na}\,\dddot{S} + \dot{Ca}\,\dddot{S}$.

XXXIX.	1.	Glaubersalz (Sulf. de soude).....	$\dot{Na}\,\dddot{S} + 10\,\dot{H}$.
XL.	1.	Gypse......	$\dot{Ca}\,\dddot{S} + 2\,\dot{H}$,
XLI.	1.	Sulfate de fer..	$\dot{Fe}\,\dddot{S} + 6\,\dot{H}$,
XLII.	1.	Sulfate de plomb cuprifère.....	$\dot{Pb}\,\dddot{S} + \dot{Cu}\,\dot{H}$.
XLIII.	1.	Sulfotri-carbonate de plomb..	$\dot{Pb}\,\dddot{S} + 3\,\dot{Pb}\,\ddot{C}$.
XLIV.	1.	Sulfo-carbonate de plomb.....	$\dot{Pb}\,\dddot{S} + \dot{Pb}\,\ddot{C}$.
XLV.	1.	Johannite....	$\dddot{U}, \dddot{S}$.
XLVI.	1.	Monazite.....	$\dddot{U}$,..,...
XLVII.	1.	Turnerite....	......

6e. SYSTÈME CRISTALLIN.

I.	1.	Diaspore (*Phillips*).	$\dddot{Al}\,\dot{H}$.
II.	1.	Cyanite.......	$\dddot{Al}, \dddot{Si}$.
III	1.	Latrobite (*Brooke*).	$\dot{K}^3\,\dddot{Si} + 2\,\dot{Ca}^3\,\dddot{Si} + 15\,\dddot{Al}\,\dddot{Si}$.
IV.	1.	Labrador.......	$\dot{Na}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si} + 8\,(\dot{Ca}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si})$.
V.	1.	Anorthite.....	$\dot{K}, \dot{Ca}, \dddot{Al}\,\dddot{Si}$.
VI.	1.	Albite.........	$\dot{Na}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$.
	2.	Péricline......	$(\dot{Na}, \dot{K})\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$.
VII.	1.	Babingtonite....	$\dot{Ca}, \dot{Fe}, \dot{Mn}, \dddot{Si}$.
VIII.	1.	Axinite......	$\dot{Ca}, \dot{Fe}, \dot{Mn}, \dddot{Al}, \dddot{Si}, \dddot{Bo}$.
IX.	1.	Sulfate de cuivre.	$\dot{Cu}\,\dddot{S} + 5\,\dot{H}$.

Notes.

(1) Le Pyrop est généralement considéré comme un grenat, cependant il forme ici un genre particulier. Voici sur quelles raisons est fondée cette séparation. D'abord les observations de M. *Zippe* ont fait voir que la forme cristalline du Pyrop n'était pas un dodécaèdre, comme celle du grenat, mais un hexaèdre, forme qui ne se présente que rarement dans le grenat, et qui s'y trouve toujours subordonnée. D'un autre côté, le Pyrop se distingue du grenat en ce qu'il renferme du chrôme. Or, si ce chrôme est à l'état d'oxide vert, les analyses de MM. *Wachmeister* et *Kobell* font voir qu'il est impossible d'appliquer au Pyrop la formule du grenat. Si, au contraire, ce chrôme est à l'état d'oxide brun, il faudrait, pour pouvoir appliquer la formule, regarder l'oxide brun de chrôme comme isomorphe avec la magnésie et l'oxidule de fer; ce qui ne peut avoir lieu, en admettant la formule atomique ordinaire de cet oxide.

(2) La Cancrinite n'a été rencontrée jusqu'à présent qu'opaque, mais présentant cependant 6 plans de clivage bien distincts. D'après les observations de M. *Rose*, ces plans de clivage forment entre eux des angles de 120° et sont parallèles aux faces du dodécaèdre. Cette structure, ainsi que la couleur bleue du minéral avait fait penser que la Cancrinite n'était autre chose que la lazulite. Mais des recherches récentes, faites par M. *Hofmann*, ont fait voir que la Cancrinite ne renfermait pas d'acide sulfurique, qu'elle était par conséquent tout-à-fait distincte de la lazulite.

L'analyse, ayant donné une perte de 5 pour 100, n'a pu servir à établir de formule chimique.

(3) D'après les analyses de M. *H. Rose* le Fahlerz renferme des quantités très-variables d'argent, souvent même il n'en renferme pas du tout; mais l'argent est alors remplacé par du cuivre. La formule qu'il a donnée pour le Fahlerz non argentifère, est $\acute{R}^4 \dddot{\bar{R}} + 2\,\dot{\bar{Cu}}^4 \dddot{\bar{R}}$, dans laquelle $\dddot{\bar{R}}$ remplace ($\dddot{\bar{Sb}}$, $\dddot{\bar{As}}$), $\dot{R}$ remplace ($\dot{F}$, $\acute{Zn}$). Cette formule s'applique également au Fahlerz argentifère, en admettant l'isomorphisme du sulfure de cuivre *Cu* et du sulfure d'argent $\dot{Ag}$; supposition qui exigerait que l'on divisât par 2 le poids de l'atome d'argent. Or, cette supposition ne paraît pas justifiée par les formes cristallines des sulfures de cuivre et d'argent qui se rapportent à 2 systèmes cristallins différens. D'un autre côté, M. *Mitscherlich* a observé que le sulfure de cuivre, obtenu directement par la fusion du cuivre avec le soufre, présentait la même composition chimique que le sulfure naturel, et affectait la forme cristalline du sulfure d'argent. M. *G. Rose* a obtenu cette même cristallisation en fondant le sulfure de cuivre naturel dans un four à porcelaine. Enfin M. *H. Rose* a observé de ces cristaux très-développés dans la fabrique de produits chimiques de Neudorf, près de Vienne. Un échantillon du sulfure de cuivre argentifère, trouvé dans la collection de Berlin, mais malheureusement imparfaitement cristallisé, a donné, pour ceux de ses angles que l'on a pu mesurer, des valeurs qui s'accordent très-bien avec celles des angles du sulfure de cuivre. Tous ces caractères

semblent démontrer l'isomorphisme du sulfure de cuivre et du sulfure d'argent, mais ils ne suffisent pas pour cela, et la question restera indécise jusqu'à ce que de nouvelles observations viennent la décider.

(4) Jusqu'à présent on n'a pas observé dans le nickelglanz et dans le nickelspiesglanzerz les formes du pyritoèdre, comme dans le kobaltglanz : cela tient probablement à la rareté de ce minéral cristallisé ; car l'identité parfaite des autres formes, des plans de clivage et de la composition chimique, ne permettent pas de douter de l'isomorphisme de ces deux substances.

(5) D'après les analyses de M. *Turner*, la Hausmannite est composée de 1 $\dot{Mn}$ + 1 $\dddot{Mn}$, elle a par conséquent la même composition que l'oxide de fer magnétique. Ces oxides sont d'ailleurs isomorphes ; de sorte qu'il est bien étonnant que ces deux minéraux n'affectent pas la même forme cristalline. Cependant les mesures de M. *Haidinger* ne permettent pas de douter de la différence de leurs formes. Cela tient-il à ce que la Hausmannite n'a pas la composition chimique qu'on lui attribue ordinairement ; ou cela tient-il à ce que la combinaison $\dot{R} + \dddot{R}$ peut affecter en effet 2 formes différentes, comme on en a déjà observé plusieurs exemples ?

(6) On a compris dans le Wernerite, la Scapolite et la Méionite, à cause de l'identité complète des formes cristallines, quoique les analyses de la Méionite, faites par MM. *L. Gmelin* et *Stromeyer*, aient donné des résultats un peu différens de ceux fournis par l'analyse de la Scapolite, par M. *Hartwall*. La formule qui est dans le ta-

bleau est celle de M. *Hartwall.* Il résulte des analyses de ce dernier que la soude et la chaux sont isomorphes : ce que l'on n'avait pas encore constaté jusqu'à présent. Au contraire, le sulfate de soude, ou Thénardtite, ne paraît pas isomorphe avec l'anhydrite, et les analyses de la Mésotype, faites par *Gehlen* et *Fuchs*, montrent bien que la chaux et la soude peuvent se remplacer; mais que, dans ce cas, la quantité d'eau contenue varie, de telle sorte, qu'on est obligé d'admettre que 1 at. chaux + 1 at. eau est isomorphe avec 1 at. soude. Cette dernière supposition a quelque chose de tellement forcé, qu'on ne peut l'admettre sans preuves plus convaincantes, et il paraît plus probable d'attribuer les petites variations dans la quantité d'eau contenue dans les différentes mésotypes, à de légères erreurs faites dans les analyses, et de regarder la soude et la chaux comme isomorphes; d'autant plus que les différences entre les formes cristallines du sulfate de soude et de l'Anhydrite peuvent s'expliquer par un phénomène de dimorphisme. Cet isomorphisme de la soude et de la chaux n'a d'ailleurs été admis dans cette table que dans quelques cas particuliers.

(7) Les recherches récentes faites par M. *Mitscherlich*, montrent que la Davyne a non-seulement les mêmes angles que la Néphéline, mais encore une composition chimique presque parfaitement semblable; elle n'en diffère que par de petites quantités de chlore et de chaux; elle ne renferme d'ailleurs pas d'eau, comme MM. *Monticelli* et *Covelli* l'avaient admis. En admettant que le chlore soit combiné avec la chaux, le reste de la composition de la Davyne est exactement

le même que la composition de la Néphéline. Ces deux minéraux ont été réunis dans un même genre, mais on en a formé deux espèces à cause du chlorure de calcium contenu dans la Davyne. D'après M. *Mitscherlich*, la Covellinite et la Beudantite, décrites par MM. *Monticelli* et *Covelli*, doivent être réunies à la Néphéline.

(8) Dans les Chabasites non-seulement la soude et la chaux, mais encore la soude et la potasse semblent se remplacer; c'est pour cela que ces 3 substances ont été réunies, entre parenthèses, dans la formule. L'isomorphisme de la soude et de la chaux s'est déjà présenté dans le Wernerite (note 6), et reçoit par-là une nouvelle confirmation; quoique l'on puisse toujours objecter que c'est la chaux, combinée avec une certaine quantité d'eau, qui est isomorphe avec la soude. Quant à l'isomorphisme de la potasse et de la chaux, M. *Mitscherlich* y est arrivé dans une autre circonstance; il a fait voir que le nitrate de potasse et le nitrate de soude s'accordent avec l'arragonite et le spath calcaire non-seulement pour leurs formes, à l'exception de quelques légères variations dans les angles, qui sont ordinaires dans les substances isomorphes; mais encore pour la disposition de leurs plans de clivage. D'un autre côté, l'Arragonite et le spath calcaire ont des formes cristallines différentes, mais des compositions chimiques semblables, de sorte qu'il pourrait bien se faire que le nitrate de potasse puisse entrer dans le spath calcaire ou dans le nitrate de soude, et que le nitrate de soude puisse entrer dans l'Arragonite ou dans le nitrate de potasse, ce qui prouverait encore l'isomorphisme de la potasse et de la soude. Il est vrai que cette concor-

dance de formes, des nitrates de potasse et de soude avec l'Arragonite et le spath calcaire ne peut être expliqué dans l'état actuel de la science, sans avoir recours à de nouvelles hypothèses. Il est bon cependant d'être averti sur ce fait, comme sur beaucoup d'autres, parce qu'il peut conduire à de nouvelles découvertes.

(9) D'après M. *Berzélius*, la Lévyne aurait la même composition chimique que la Chabasite, mais M. *Haidinger* a fait voir que les angles de la Lévyne sont tellement différens de ceux de la Chabasite qu'il est tout-à-fait impossible de réunir ces deux minéraux. Il paraît probable, d'après cela, que le minéral, analysé par M. *Berzélius*, était une Chabasite et non une Lévyne.

(10) La formule chimique, donnée à l'Alunite, est celle que M. *Berzélius* avait regardée comme la véritable, d'après les analyses de M. *Cordier*, mais elle n'a pas été adoptée par ce chimiste dans la seconde édition de son ouvrage sur le chalumeau ; c'est pourquoi elle a été marquée dans le tableau par un point d'interrogation.

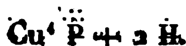
(11) Le sulfure d'antimoine et l'Orpiment sont regardés ici comme isomorphes, quoique jusqu'à présent on n'ait pu trouver de cristaux d'orpiment assez bien développés pour pouvoir prononcer sur ce fait; on a pu voir seulement que leurs plans de clivage s'accordaient avec ceux du premier minéral. Mais on sait, par l'analyse de diverses substances qui renferment du sulfure d'antimoine et de l'orpiment, que ces deux substances se remplacent en toutes proportions ; de sorte que leur isomorphisme est au moins très-probable.

(12) D'après M. *Phillips*, les cristaux de la

Libethenite sont des prismes obliques à 4 faces, terminés par des biseaux qui reposent sur les arêtes aiguës du prisme. L'angle du prisme est, d'après M. *Phillips*, de 95°.15'; d'après M. *Mohs*, de 95°.2' : l'angle du biseau est, d'après M. *Phillips*, de 121°.15', et d'après M. *Mohs*, de 111°. 58'. D'après les observations de M. *G. Rose*, le premier angle serait de 92°, et le second de 109 ½. Il paraîtrait probable, d'après cela, que les cristaux observés par MM. *Phillips* et *Mohs* n'étaient pas des cristaux de phosphate de cuivre de Libethen, localité d'où venait bien certainement les cristaux observés par M. *G. Rose*.

Les cristaux de l'Olivénite se présentent ordinairement comme des prismes obliques à 4 faces, ayant leurs arêtes latérales obtuses tronquées, et à leurs extrémités des biseaux qui reposent sur les arêtes latérales aiguës du prisme. Les mesures faites sur les angles de ce minéral, avec autant d'exactitude que pouvaient le comporter le peu de développement et d'éclat des faces du cristal, ont fait voir que la forme de l'Olivénite s'accordait assez bien avec celle de la Libethenite.

L'analyse de la Libethenite, par M. *Berthier*, a donné pour la formule de ce minéral



$$\dot{C}u^4 \ddot{\overset{\cdot}{P}} + 2 \dot{H}$$

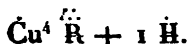
M. *Kobell* a trouvé, pour l'Olivénite, la formule



$$6\ \dot{C}u^4 \ddot{\overset{\cdot}{A}}s + (\dot{C}u^4 \ddot{\overset{\cdot}{P}} + 8\ \dot{H})$$

On ne peut pas admettre que l'eau soit uniquement combinée avec le phosphate de cuivre et qu'il n'y en ait pas en combinaison avec l'arséniate; d'un autre côté, les deux combinaisons étant composées d'un même nombre d'atomes d'a-

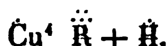
cide et d'oxide de cuivre doivent nécessairement être isomorphes et renfermer la même quantité d'eau : de sorte que si l'on change la première formule en celle-ci,



$\dot{C}u^4 \ddot{\ddot{R}} + 1 \dot{H}$.

le contenu d'eau se trouvera être plus faible de $\frac{1}{7}$ que dans l'analyse de *Kobell*; cette différence peut être attribuée à une erreur dans cette dernière analyse, ou à une petite quantité d'eau retenue mécaniquement par la substance.

D'ailleurs la quantité d'eau paraît avoir été déterminée par différence dans l'analyse de M. *Berthier*, et, dans ce cas, il ne serait pas étonnant qu'elle ait été portée trop haut. Il paraît probable, d'après cela, que la Libethenite est isomorphe avec l'Olivenite, et que la formule commune de ces deux minéraux est



$\dot{C}u^4 \ddot{\ddot{R}} + \dot{H}$.

(13) Cette formule a été posée par M. *Berzélius*, pour l'arseniate de fer d'Antonio-Pereira, au Brésil, mais il n'en a pas donné la forme cristalline. M. *G. Rose*, d'après des mesures sur des cristaux de ce minéral, fait voir que ces cristaux coïncident parfaitement avec ceux de la Scorodite de Graul, près Schwarzenberg, en Saxe, et que le minéral d'Antonio-Pereira n'est qu'une variété de la Scorodite. Cependant M. *Berzélius* observe que la Scorodite, chauffée au chalumeau, donne un sublimé blanc d'acide arsenieux, que ne donne pas l'arseniate de fer d'Antonio-Pereira. Mais il paraît que cet acide arsenieux provient d'un peu de Mispickel, mélangé mécaniquement avec la Scorodite qui, à Graul, repose sur ce minéral; et, en

effet, si l'on fait l'essai avec une Scorodite bien transparente et bien nette, on n'observe pas de dégagement d'acide arsenieux. Il paraît donc certain que l'arseniate de fer d'Antonio-Pereira et la Scorodite ne forment qu'un seul et même minéral.

(14) D'après les observations de M. *G. Rose*, les cristaux de l'Allanite(cérine) de Bastnäsgrube, près Riddarhyttan, appartiennent au 4ᵉ. système cristallin. Ce sont des prismes obliques, à 4 faces, de 128°, qui sont tronqués suivant leurs arêtes latérales, et qui sont terminés par deux biseaux de 118° et de 70°, qui reposent sur les faces de troncature des arêtes latérales obtuses. Les cristaux sont petits, mais leurs faces, très-nettes et très-brillantes, se prêtent bien à des mesures exactes. Cette description ne s'accorde pas avec celle que M. *Haidinger* a donné de l'Allanite du Groënland, qu'il rapporte au 5ᵉ. système cristallin. Il considère les cristaux de cette susbtance comme des prismes à 6 faces, non symétriques avec des angles de 129°, 115° et 116°, surmontés par plusieurs faces uniques qui ne se trouvent que d'un seul côté, du côté antérieur. Mais le cristal, observé par M. *Haidinger*, était groupé, de sorte qu'il était difficile de mesurer ses angles avec exactitude. D'ailleurs, les angles des faces latérales et des faces extrêmes s'accordent assez bien avec les mesures de M. *G. Rose*; et l'on peut déduire l'Allanite du Groënland de l'Allanite de Suède, en supposant que les faces antérieures de celle-ci aient pris assez de développement pour faire disparaître les faces postérieures. Ainsi, il est très-probable que ces deux minéraux doivent être réunis sous le rapport cristallographique, comme

ils le sont depuis long-temps sous le rapport chimique. M. *Rose* conserve le nom d'Allanite à tout ce genre minéral, et supprime le nom de Cérine qui s'approche trop de celui de Cérite et qui pourrait occasioner des méprises.

(15) On doit comprendre dans l'Harmotome alcaline la Phillipsite, et peut être aussi la Zéoganite, l'Abrazite et la Gismondine. Les formules attribuées aux Harmotomes alcaline et barytique, sont celles que M. *Bonsdorf* a données dans son système minéral.

(16) Le genre Stilbite de *Haüy*, qui comprend la Strahlzéolite et la Blätterzéolite de *Werner*, fut d'abord, par M. *Mohs*, ensuite par M. *Brooke*, divisé en 2 genres différens. M. *Brooke* conserva le nom de Stilbite à la Strahlzéolite et donna celui de Heulandite à la Blätterzéolite. Cependant si le nom de Stilbite, qui a été donné à ces minéraux à cause de leur éclat, doit être conservé à un de ces genres, il doit l'être de préférence à la Blätterzéolite, si remarquable par son grand éclat; c'est pourquoi M. *Rose* a adopté les dénominations de M. *Breithaupt*, qui donne le nom de Desmine à la Strahlzéolite, et conserve le nom de Stilbite à la Blätterzéolite.

(17) D'après M. *Berzélius*, le Schrifterz n'a pas une composition aussi simple qu'on l'a cru jusqu'ici; outre le tellure, l'or et l'argent, elle contient encore du fer, du cuivre, du plomb, de l'antimoine, de sorte qu'il est encore impossible d'établir une formule chimique pour ce minéral. M. *Mohs* rapporte ses cristaux au 4e. système cristallin; mais il remarque lui-même que ces cristaux pourraient bien appartenir au 5e., parce que les échantillons qu'il a examinés paraissaient

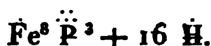
être hémitropes. Cette dernière conjecture se trouve confirmée par les mesures de MM. *Phillips* et *G. Rose*.

(18) Les seules déterminations d'angles, qui aient été faites sur les cristaux du Brauneisenstein, sont de M. *Phillips*. Elles ont été faites sur les petits cristaux en aiguilles, qui sont implantés dans du quartz cristallisé à Clifton, près de Bristol. Ces mêmes cristaux ont été examinés par M. *G. Rose*, qui les rapporte au 5e. système cristallin. Les cristaux de Bristol n'ont pas été analysés; la formule se rapporte aux variétés fibreuses, qui portent le nom de *glaskopf brun*. Mais comme les petits cristaux minces, en forme de table, qui, dans le pays de Siegen, recouvrent le glaskopf brun, et qui portent le nom de *Göthite* ou de *rubinglimmer*, ont été regardés aussi comme du glaskopf cristallisé, et se distinguent cependant bien clairement, par leurs formes, des cristaux de Bristol, il devient très-douteux que la formule chimique du glaskopf brun puisse être appliquée aux cristaux en aiguilles de Bristol. La Göthite n'a pas été mise dans cette table, parce que, à cause de la petite épaisseur de ses cristaux, il n'a pas été possible, jusqu'à présent, de déterminer à quel système cristallin il fallait la rapporter.

(19) M. *Rose* désigne sous le nom de Colomlite, le Tantalite de Bodenmais et de Massachusets, pour le distinguer des Tantalites de Suède et de Finlande. Ce minéral est communément rapporté au 4e. système cristallin; M. *G. Rose*, d'après ses propres observations, croit devoir le rapporter au 5e.

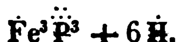
(20) La Vivianite et la Kobaltblütheont la même

forme cristalline et se trouvent, à cause de cela, placées dans le tableau comme deux espèces d'un même genre. La Vivianite est beaucoup moins rare que le Kobaltblüthe, et présente plus souvent une cristallisation bien développée : aussi a-t-elle été plus souvent soumise à l'analyse. M. *Berzélius* a déduit les formules suivantes, pour la Vivianite de l'île de France, d'après les analyses de M. *Laugier*, $\dot{Fe}^3 \ddot{\ddot{P}} + 12 \dot{H}$, Pour la Vivianite de Saint-Agnès, en Cornouailles, d'après les analyses de M. *Stromeyer*, la formule



$$\dot{Fe}^8 \ddot{\ddot{P}}^3 + 16 \dot{H}.$$

enfin pour la Vivianite de Bodenmais, d'après les analyses de M. *Vogel*, la formule



$$\dot{Fe}^3 \ddot{\ddot{P}}^3 + 6 \dot{H}.$$

Cette dernière coïncide avec la formule $\dot{Co}^3 \ddot{\ddot{As}} + 6 \dot{H}$ que M. *Berzélius* avait déduite pour le Kobaltblüthe des analyses de M. *Buckholz*, et que dans la nouvelle édition de l'emploi du chalumeau il a remplacé par celle-ci :



$$\dot{Co}^3 \ddot{\ddot{As}} + 5 \dot{H}.$$

M. *G. Rose* a adopté dans son tableau les formules de MM. *Vogel* et *Buckholz*, parce qu'elles s'accordent entre elles et avec celle que *Brandes* a trouvée pour le Blaueisenerde. Cependant, comme ces formules diffèrent de celles trouvées par MM. *Laugier* et *Stromeyer*, elles ont été affectées du signe (?).

(21) La Bucklandite a été décrite par M. *Lévy*, d'après des cristaux venant d'Arendal, où ce minéral se présente avec le spath calcaire et la Néphéline (?).

M. *Rose* s'est assuré que les petits cristaux noirs brillans que l'on rencontre souvent avec le Feldspath vitreux dans les roches volcaniques du lac de Laacher, sont des Bucklandites; il a trouvé que ce minéral avait la même forme cristalline que l'Epidote, et devait, à cause de cela, être rangé avec ce minéral dans un même genre. Si l'on adopte l'opinion de M. *Berzélius*, qui pense que tous les silicates noirs de fer renferment les deux degrés d'oxidation de ce métal, on admettra que la Bucklandite renferme aussi ces deux degrés d'oxidation; et comme il est possible que ces oxides soient remplacés par la petite quantité des autres bases qui se présentent dans les Epidotes, on pourra prendre pour ce minéral la formule très-simple,



$$\dot{Fe}^3\dddot{Si}, + 2\,\ddot{Fe}\dddot{Si}.$$

(22) Le Glimmer (mica) du Vésuve présente souvent des cristaux bien définis qui se rapportent au cinquième système cristallin; mais il n'est pas probable que tous les micas à deux axes affectent la même forme, car on ne peut pas plus établir une formule unique pour tous les micas à deux axes que pour les micas à un axe.

(23) M. *Rose* range dans un même genre la Hornblende, l'Antophyllite, l'Augite, le Rothbraunsteinerz, l'Hyperstène, le Diallage, et même l'Achmite, à cause des rapports de leurs formes cristallines, quoique la composition chimique de ces minéraux soit loin de justifier cette réunion.

Ainsi, par exemple, la formule de l'Achmite, d'après M. *Berzélius*, est $3\dot{Na}\ddot{Si} + 2\ddot{F}e^3\ddot{Si}^2$; de sorte que ce minéral renfermerait deux bases, la soude et l'oxide de fer, qui ne se présentent pas

dans les autres espèces. Mais si l'on admet que la soude soit isomorphe avec la chaux, et que le fer soit à l'état de protoxide, on retombera sur la formule $3\,\dot{N}a\,\dddot{S}i + 2\,\dot{F}^3\,\dddot{S}i^2$, qui est celle de la Trémolite. Il est même probable que l'Achmite renferme les deux degrés d'oxidation du fer, et que le protoxide de fer remplace l'alumine qui se trouve dans un grand nombre de Hornblendes et d'Augites.

(24) M. *Rose* rapporte, d'après ses propres observations, la Mésotype au cinquième système cristallin. Les cristaux de cette substance se présentent généralement groupés; de sorte que leur aspect général peut induire en erreur sur leur classement : et en effet, *Haüy* les avait rapportés au deuxième système, et MM. *Gehlen* et *Fuchs* au quatrième.

(25) On devrait s'attendre à trouver la Brewsterite isomorphe avec la Stilbite, car la baryte et la strontiane sont isomorphes avec la chaux; et, d'après les nouvelles analyses de M. *Connel*, ces deux minéraux ne diffèrent que par ces substances : cependant leurs formes cristallines ne paraissent pas pouvoir être rattachées ensemble.

(26). La Humite se trouve au mont Vésuve en petits cristaux très-brillans et très-compliqués, mélangés avec du mica et avec un minéral en petits cristaux transparens, très-brillans, qui ont été pris pour des topazes, et qui, d'après les recherches de M. *G. Rose*, ne sont autre chose que des Augites. M. *Rose* a trouvé que la Humite se rapportait au cinquième système cristallin; M. *Phillips* l'avait rapportée au quatrième; mais il paraît probable que ce minéralogiste n'avait observé

qu'une partie du cristal; et qu'il l'avait terminé d'après les lois du quatrième système.

MM. *Monticelli* et *Covelli* réunissent la Humite à la Chondrodite, sans cependant établir l'identité d'une manière bien certaine. M. *Rose* s'est assuré que la Humite renfermait de l'acide hydrofluorique comme la Chondrodite; il lui donne la formule de la Chondrodite, en y joignant toutefois un point d'interrogation. Il lui conserve au reste le nom de Humite, parce que c'est celui qui lui a été donné par M. le comte *Bournon*, qui le premier a décrit ce minéral.

RECHERCHES

Sur les sulfures métalliques, et aperçus sur quelques résultats de leur traitement métallurgique.

Par J. FOURNET, directeur des mines de Pont-Gibaud (Puy-de-Dôme).

(Suite et fin) (1).

5°. *Sulfure de plomb.*

Nous avons vu jusqu'à présent que le plomb sulfuré est décomposé plus ou moins complétement par le cuivre, le fer; l'étain et le zinc, suivant l'ordre de leur affinité pour le soufre : les métaux qui vont suivre nous manifesteront, au contraire, moins de tendance à s'unir à ce gazolithe et ne décomposent par conséquent pas la galène; ainsi le plomb se trouve naturellement placé ici dans la série.

Ce métal paraît se combiner au soufre dans plusieurs proportions, quelques-unes sont même assez déterminées pour avoir fixé l'attention des chimistes. Ainsi on sait que quand on fond de la *galène* avec du plomb métallique en excès, on obtient deux culots, l'un inférieur qui est du plomb métallique, et l'autre supérieur qui est une combinaison de plomb avec la moitié du soufre de la galène, par conséquent le sous-sulfure plombique Pb S.

Ce même composé s'obtient encore d'après Bredberg, en mélangeant du borax avec 25 de galène et 21,60 de plomb et en faisant fondre le

(1) La première partie de ce mémoire a été insérée dans ce même volume, page 3.

mélange dans un creuset ordinaire ; il s'oxide du métal qui se dissout dans le sel jusqu'à ce qu'il reste le sulfure Pb S qui n'est plus attaqué.

Je l'ai obtenu plus directement encore, en fondant ensemble

1 at. de galène.	29,91	55,80
1 at. de plomb.	25,89	

et en prenant les précautions nécessaires pour éviter la vaporisation, comme en opérant dans une cornue dont le bec plonge dans l'eau.

Le produit est homogène, lamellaire, très-faiblement ductile ou plutôt moins fragile que la galène et susceptible de se laisser couper, mais la portion entaillée finit par se casser.

Comme ce composé se rencontre quelquefois dans les traitemens métallurgiques, il a été étudié par divers chimistes, notamment par MM. Puvis, Berthier et Bredberg. Le premier l'a considéré sous le rapport du rôle qu'il peut jouer dans le traitement de la galène au réverbère; le second sous celui de la coupellation de ce même sulfure, et le dernier a eu égard à sa présence dans les mattes.

Il est inutile de revenir ici sur les deux premières questions, je me bornerai donc à faire quelques observations sur cette dernière. Suivant les observations récentes de ce chimiste, les mattes seraient en général des composés en proportions définies de sulfure de fer Fe S^2 et des sous-sulfures de plomb Pb S, de zinc Zn S, et de cuivre Cu S.; il n'y a aucun doute relativement à l'existence de la combinaison du sulfure de cuivre Cu S, car ce métal à haute température n'admet qu'un atome de soufre; mais il n'en est pas de même pour les deux autres. D'abord on ne connait jusqu'à présent aucun sulfure de zinc, repré-

senté par Zn S, aussi dois-je le dire, Bredberg n'admet qu'avec doute les sulfures doubles où il entre constitué ainsi : pour moi, rien jusqu'à présent ne m'a paru autoriser cette supposition, et même tous les sulfures doubles de fer et de zinc que j'ai déjà cités dans ce mémoire y sont absolument contraires ; le déchet variable qui s'observe s'expliquant naturellement par la décomposition du sulfure de zinc en présence du charbon.

Reste donc à examiner si le sulfure de plomb Pb S est susceptible de cette combinaison ; mes expériences me font tirer une conclusion opposée ; en effet, dans celle où j'ai fait agir le fer métallique, dans la proportion d'un atome contre deux atomes de galène, j'ai trouvé une matte composée exactement de

$Fe\,S^2$	1 at.	10,80	}	25,75
$Pb\,S^2$	$\frac{1}{2}$ at.	14,95	}	
L'expérience ayant donné.				25,40

Dans celles que j'ai faites à l'occasion de mes recherches sur la vaporisation du plomb en présence de divers sulfures, j'ai trouvé pareillement la matte composée de

$Fe\,S^2$	1 at.	10,80	}	30,74
$Pb\,S^2$	$\frac{2}{3}$ at.	19,94	}	
L'expérience ayant donné.				30,95

Ces résultats sont trop concordans pour qu'ils puissent être combattus, et par conséquent pour pouvoir y admettre un sous-sulfure de plomb.

J'ignore encore comment Bredberg a obtenu les résultats qu'il mentionne ; si toutefois ce n'est pas par des essais directs, mais en se bornant à l'analyse des mattes obtenues dans les fonderies, il est une raison bien simple à donner à l'existence de

l'excès de plomb qu'il a pu rencontrer, c'est l'imparfaite liquation qui s'opère de ce métal d'avec les mattes, et je m'en rapporte au fait déjà cité précédemment, savoir que la matte réabsorbe le plomb qui s'en est liquaté à une certaine température. En général, le degré de chaleur a une grande influence sur ces absorptions. M. Puvis a déjà remarqué depuis long-temps, dans son mémoire sur le traitement du plomb par le réverbère, que le sous-sulfure Pb S, soumis à une chaleur graduée, est susceptible de se décomposer par liquation : la partie de métal qui se trouve en excès cède alors son soufre au reste qui devient ainsi une galène moins fusible que le sous-sulfure, et qui surnage le bain de plomb métallique libre formé; mais si, dans cette circonstance, le plomb ne peut s'écouler et reste en contact avec la matte qui s'échauffe de plus en plus, il arrive un point, celui de la liquéfaction totale, où il rentre en combinaison pour réformer la matte primitive. Un refroidissement assez rapide peut l'y maintenir, mais un pareil mode de formation est trop sujet à variation pour présenter un grand caractère de fixité et autoriser l'application des proportions définies.

Le même chimiste admet que les mattes sont des combinaisons du genre $R + Fe$, $R^2 + Fe$, $R^3 + Fe$ et $R + Fe^2$, etc.

On pourrait le combattre ici par des raisonnemens analogues à ceux que M. Berthier a déjà fait valoir contre lui quand il a avancé que les scories étaient susceptibles d'être exprimées rigoureusement à l'aide des formules atomiques; mais je regarde comme inutile de m'appesantir davantage sur ce sujet.

Une température élevée expulse une nouvelle dose de soufre du sous-sulfure Pb S : j'ai démontré dans mes recherches sur la vaporisation du plomb que l'on peut parvenir après diverses transformations à n'avoir plus pour

galène	1 at.	29,91
que du sous-sulfure plombeux	Pb^2 S . . .	8,97

composé que Bredberg a aussi obtenu en mélangeant le plomb avec la galène dans les mêmes proportions que pour obtenir le sous-sulfure plombique Pb S, et chauffant jusqu'à ce qu'il n'y eût plus de vaporisation.

Cette combinaison s'obtient encore en fondant dans un creuset de Hesse à 50° pyro. seulement

Galène	1 at.	14,95
plomb métal. ·	3 at.	38,84

Ce culot est malléable quoiqu'il ne tarde pas à se gercer, bleu comme la galène, simplement grenu, se coupe imparfaitement ; il m'a cependant paru un peu plus ductile à la base qu'au sommet, mais cette circonstance est peu caractérisée.

Enfin, j'ai trouvé ce même corps dans les expériences que je fis pour constater l'influence des cokes sulfureux sur le plomb ; il se forme alors sous l'influence de la pyrite qui, en présence du carbone, cède peu à peu son soufre à ce métal, augmente son poids jusqu'au point où il en a suffisamment absorbé pour qu'il commence à se former une certaine quantité de sous-sulfure plombique Pb S qui se volatilise, et les poids deviennent décroissans ; cette dernière circonstance n'a lieu qu'avec des cokes très-sulfureux.

Ce sous-sulfure paraît se former fréquemment dans les traitémens métallurgiques et constitue la majeure partie des plombs d'œuvre, c'est lui qui se sépare à des températures convenables d'avec les mattes ferreuses et autres, pour lesquelles il n'a pas d'affinité, en y laissant les autres sulfures en combinaison; mais il est alors aussi lui-même toujours plus ou moins mêlé à d'autres sulfures de plomb et étrangers; et à divers métaux qui, à la coupellation, se dénotent dans les abstrichs.

Il est ultérieurement décomposable par une haute température: ainsi en fondant au creuset brasqué, à 150° pyrom., un mélange de

Galène	1 at.	14.95	53,78
Plomb	1 at.	38,83	

qui aurait dû laisser le sous-sulfure Pb^2S
on obtient un culot pesant. 43,35

D'où vaporisation. 10,43

Ce culot est évidemment composé de plomb ductile et de sulfure mélangés; la partie voisine de la base pouvait se marteler assez long-temps sans se gercer, tandis que le sommet se crevassait très-vite; en second lieu, en examinant la cassure, on y reconnaissait un mélange de parties nerveuses et blanches comme le plomb doux, et de parties grenues bleuâtres comme le sous-sulfure. Ce dernier est donc simplement imbibé dans le plomb métallique.

Pour mieux confirmer la décomposition de ce sous-sulfure, je repris une portion du culot précédent, pesant. 17,23
qui fut de nouveau soumise à la même tempéra-

ture au creuset brasqué ; le poids du résidu ne se montait plus qu'à. . . . . 15,80.

D'où vaporisation. . . 1,43.

et il n'offrait plus rien que le nerf, la ductilité et la blancheur du plomb pur.

En résumant les observations faites à l'occasion de ce métal, on peut en conclure qu'il existe réellement trois sulfures de plomb, offrant peu de stabilité, susceptibles, suivant certaines influences de température, de se dissoudre en toutes proportions l'un dans l'autre et dans le plomb métallique, enfin d'être amenés à l'état de métal pur par une forte chaleur, et peut-être aussi en vertu de la présence du charbon.

6°. *Sulfure d'argent.*

Le sulfure d'argent, traité seul au creuset brasqué à 150° pyrom., abandonne complétement son soufre.

Sulfure d'argent 1 at.	31,05
a laissé un culot pesant.	26,40
D'où vaporisation. . . .	4,65

La perte est accidentellement un peu forte, du reste le métal est à considérer comme à peu prè pur.

Mais ce sulfure, une fois uni à un autre sulfure fixe, se décompose beaucoup moins facilement; ainsi en soumettant à la même température le mélange,

Sulfure d'argent 1 at. . . .	31,05	40,97
Sulfure de cuivre 1 at. . . .	9,92	

j'ai obtenu un culot, cassant, à cassure imparfai-

tement conchoïde, grenu, gris d'acier foncé, avec un globule d'argent métallique à sa base, lequel pesait 7,66.

J'ai perdu le poids du culot total.

Avec un sulfure plus décomposable que celui de cuivre, même quand il est employé en plus grande proportion :

Sulfure d'argent 1 at. . . .	31,05	52,65
Sulfure de fer . 2 at. . . .	21,60	
Le culot produit pesait.		48,84
D'où vaporisation. . . .		3,81

Et il y a eu une réduction d'environ les $\frac{2}{3}$ de l'argent, ...	19,90	48,84
plus une matte fortement ferrugineuse, mais grise.	28,94	

Ainsi, comme l'a déjà observé M. Berthier, il est très-difficile d'extraire l'argent d'une matte, d'autant plus que, dans les procédés métallurgiques, les corps se soustraient promptement à l'influence de ces températures élevées; cependant, en présence des sulfures qui cèdent facilement leur soufre au carbone, cette réduction est plus facile que pour le sulfure pur : ainsi, un sulfure double composé ainsi : $3AgS^2+4SbS^3$ =. . 10,00

A laissé un culot pesant. . . . . 8,20 blanc, laminaire, cassant, et en tout semblable aux alliages d'antimoine et d'argent, tandis que le sulfure double primitif était noir; tout le soufre s'est donc vaporisé sans provoquer de perte en métal, car le calcul fait voir que, dans cette hypothèse, on aurait dû avoir un reste = 8,00, ou bien correspondant à la formule 3Ag+4Sb. Nous verrons plus loin que la légère augmentation de poids trouvée dans l'expérience ne tient qu'à une

imperfection dans la formation de la combinaison.

Les recherches de M. Berthier ont suffisamment prouvé que l'argent n'est pas sulfuré par la galène; cependant comme l'action réciproque de ces deux corps m'a présenté quelques faits curieux, sous le rapport de l'application à la minéralogie, je vais mentionner ici les expériences que j'ai tentées.

Galène. . .	1 at. . . .	29,91 . . .	2 at. . .	29,91
Argent métal.	1 at. . . .	27,03 . . .	1 at. . .	13,51

ont été fondus ensemble à un feu vif au creuset ordinaire et refroidis graduellement; le premier mélange donna un culot semblable à une galène à fines et moyennes facettes, quoique la galène primitive fût entièrement à larges facettes cubiques; et, ce qu'il y a de remarquable, c'est que son grain diminuait progressivement jusque vers la base du culot où il présentait tout-à-fait la texture dite à grain d'acier, au contact d'une grosse bulle tapissée d'argent métallique qui se perdait insensiblement dans la masse; mais rien n'était assez nettement isolé pour établir une pesée de quelque valeur.

Le second mélange, chauffé plus fortement que le précédent, a donné un résultat à peu près semblable : seulement le culot, qui était un peu plus nettement tranché, pesait 15,50; il s'est donc trouvé trop pesant parce que l'argent qui le compose en majeure partie était infiltré de galène.

Si l'on fond, à 50° pyr., 1 at. de galène avec 2 atomes de sulfure d'argent, la texture du sulfure double qui en résulte est à facettes plus grandes que celles du sulfure de plomb imbibé sim-

plement d'argent métallique comme précédemment.

On pourrait donc conclure de ces faits, autant qu'il est permis de le faire en appliquant des opérations aussi brusques à la marche de la nature, que la galène à grains d'acier qui est ordinairement si argentifère ne doit cette finesse qu'à l'argent métallique intercalé et non pas au sulfure de ce dernier métal, d'autant plus que, comme je l'ai mentionné, le grain était à son minimum de grosseur vers les points de contact de l'argent; et ce qui m'autorise encore à tirer cette conséquence, c'est que je possède dans ma collection un morceau de galène de Lacroix aux Mines (Vosges), renfermant, dans ses cavités, de l'argent natif ramuleux qui montre absolument la même texture et dans le même ordre relativement à la distance de l'argent métallique.

Un mélange d'argent métallique 1 at.	13,52	28,47
et de sulfure de plomb.	14,95	
Chauffé au creuset brasqué, à 150° pyr., a laissé un culot total pesant. . . . . . . :		21,45
D'où vaporisation.		7,02

Le culot était imparfaitement ductile, recouvert superficiellement d'une couche mince de sulfure de plomb; dans la cassure, il était généralement gris, à grain fin, mais peu homogène, car l'argent était presque pur à la base.

Soumis à la coupelle il a laissé argent 13,37

il y a donc eu un déchet sur celui-ci, par vaporisation ou peut-être accidentellement, d'environ. . . . . 0,15.

Quoi qu'il en soit, il paraîtrait qu'il ne se serait vaporisé essentiellement qu'un peu moins d'un demi-atome de galène. 7,47.

et que le surplus de ce sulfure serait resté dans le culot; j'ai déjà observé un pareil excès de poids dans l'expérience que je fis à l'occasion de la vaporisation du sulfure de plomb en présence du sulfure d'argent; il semble donc que ce dernier métal retient la galène avec une grande force.

La forte affinité que le sulfure d'argent manifeste pour les autres sulfures, a donné lieu au procédé métallurgique dit la fonte crue, usité en Saxe et en Hongrie, pour l'extraction de ce métal fin.

Comme la série des opérations qu'il comporte est parfaitement décrite dans une foule de mémoires et d'ouvrages, il est inutile d'y revenir ici, d'autant plus que tous les essais et observations précédents en établissent suffisamment la théorie.

7°. *Sulfure d'antimoine.*

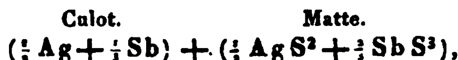
Le sulfure d'antimoine est connu depuis longtemps comme un excellent sulfurant; il contient en effet beaucoup de soufre qu'il cède facilement, et, de plus, il est très-fusible, circonstance qui favorise beaucoup le jeu des affinités; aussi les anciens métallurgistes savaient en enlever le soufre par l'intermède de divers métaux, pour produire le régule et s'en servaient pour la séparation bien connue de l'or d'avec l'argent par voie sèche.

Dans cette opération, l'argent, sulfuré partiellement, s'unit à une partie du sulfure d'antimoine, et la partie de ce dernier métal qui est réduite s'unit au reste de l'argent pour former un alliage. Un pareil échange devait être soumis à des lois analogues à celles que nous avons déjà trouvées pour tous les autres sulfures, et pour les déterminer j'ai fondu dans un creuset de Hesse à 50 pyro. les mélanges suivans :

Argent métallique....	1 at...	27,03...	$1\frac{1}{2}$ at...	40,54
Sulfure d'antimoine.	1 at...	22,16...	1 at...	22,16
Totaux....		49,19		62,70
Il s'est formé des culots métalliques.....................		15,00.............		29,00
D'où matte.....................		34,19.............		33,70
Totaux....		49,19		62,70

La matte provenant du premier mélange était noire en masse, mais sa poussière était rouge sombre et le culot d'un blanc tirant un peu au bleu, lamellaire, cassant et se détachait, du reste, nettement de la matte.

La formule $Ag + SbS^3$ du premier mélange devient ici



$$\underset{\text{Culot.}}{\left(\tfrac{1}{2}Ag + \tfrac{1}{3}Sb\right)} + \underset{\text{Matte.}}{\left(\tfrac{1}{2}AgS^2 + \tfrac{2}{3}SbS^3\right)},$$

qui donne en nombres

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Alliage} & \left\{\begin{array}{lll} \tfrac{1}{2}Ag. \ldots & = & 13,51 \\ \tfrac{1}{3}Sb. \ldots & = & 5,37 \end{array}\right\} \; 18,88 \\ \text{Matte} & \left\{\begin{array}{lll} \tfrac{1}{2}AgS^2 \ldots & = & 15,52 \\ \tfrac{2}{3}SbS^3 \ldots & = & 14,77 \end{array}\right\} \; 30,29 \end{array}\right\} \; 49,17$$

A la vérité, le culot réel est trop faible comparativement au culot calculé; cette circonstance n'est due qu'à une imparfaite liquation qui a déterminé de l'argent métallique à rester uni à la matte; aussi, traitée au creuset brasqué, elle m'a donné un poids plus fort que celui qu'indiquait le calcul, comme on a pu le voir à l'essai de décomposition déjà mentionné du sulfure double d'argent et d'antimoine, pour lequel on a fait usage de celle-ci.

Le second mélange a produit un culot métallique absolument semblable au précédent, mais

la matte était rouge sombre et sa poussière d'un beau rouge ; si l'argent eût été susceptible de désulfurer complétement le sulfure d'antimoine, il n'aurait pas dû rester d'alliage ni dans l'un ni dans l'autre cas, les mélanges étant tels qu'il y avait suffisamment de soufre présent pour opérer la sulfuration complète de l'argent. La formule correspondante au produit du dernier essai est

Matte. Culot.

$$(Sb\,S^3 + 3\,Ag\,S^2) + (3\,Ag + 2\,Sb),$$

Alliage	2 Sb.	8,06	28,33	62,70
	3 Ag.	20,27		
Matte	2 Sb S³. . . .	11,08	34,36	
	3 Ag S². . . .	23,28		

Le culot aurait donc la même composition que le précédent. Il est irréductible ultérieurement par une haute température, et, chauffé à 150°pyr. au creuset brasqué, je n'ai pas eu d'autre déchet que celui qu'on peut ranger dans la classe des pertes accidentelles, ou autrement, la vaporisation est si faible qu'on ne peut l'apprécier avec certitude.

La matte est un véritable argent rouge dont elle possède tous les caractères physiques; en sorte que, si l'on pouvait conserver encore quelques doutes sur la nature si long-temps problématique de cette belle espèce minérale, ce mode de formation suffirait pour les lever; elle s'obtiendrait encore sans aucun doute, plus directement, en unissant par la fusion les deux sulfures en proportion convenable.

La production de cette combinaison avait déjà fortement travaillé l'imagination des anciens chimistes, qui, faute de moyens analytiques

suffisans, cherchaient à la former par tâtonnement; Henkel observe que le fer est nécessaire à sa constitution; Wallerius, de son côté, indique plusieurs mélanges dans lesquels, guidé peut-être par les idées de Henkel, il fait entrer aussi du fer, de l'arsenic, et, en outre, de l'oxide d'argent et même du nitre; n'ayant pas répété ces expériences, j'ignore quel peut en être le produit.

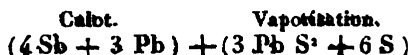
Il est évident, d'après ces recherches, que l'antimoine cru devait être, à plus forte raison, désulfuré par le plomb métallique. J'ai donc opéré sur des mélanges analogues aux précédens, en remplaçant l'argent par ce dernier métal; mais les résultats n'en étaient pas bien caractérisés; et, quoiqu'une partie des culots eût de l'analogie avec l'antimoine métallique, et le reste avec la galène, cependant le défaut de séparation, nettement tranchée, ne m'a pas permis d'y appliquer le calcul.

Dans un autre essai, j'ai soumis à 150° pyr., au creuset brasqué, le mélange de :

Sulfure d'antimoine.	1 at. . .	22,16	60,99
Plomb métallique. .	$1\frac{1}{2}$ at. . .	38,83	
Le culot produit pesait.		36,90	60,99
D'où vaporisation.		24,09	

Il est très-probable que, dans cette circonstance, tout le soufre s'est encore vaporisé, comme je l'ai déjà fait voir pour le sulfure double d'argent et d'antimoine, en partie à l'état de sulfure de carbone, car on sait que l'antimoine cède assez volontiers son élément électro-négatif à ce gazolithe, et en partie à l'état de sulfure de plomb, et que le culot n'est composé que d'un alliage d'antimoine et de plomb, dont il possède les ca-

ractères. D'après cette hypothèse, la formule devient, en la multipliant par 4, pour éviter les fractions.



Culot. Vaporisation.

$$(4Sb + 3\,Pb) + (3\,Pb\,S^2 + 6\,S)$$

qui donne en nombres :

Culot. . .	$4\,Sb \ldots = 1612$ $3\,Pb \ldots = 1941$	3553	6098.
Vaporisation.	$3\,Pb\,S^2 \ldots = 2343$ $6\,S \ldots = 302$	2545	

Cette expérience tend à confirmer encore ce que j'ai déjà établi dans un précédent mémoire, sur la fixité que l'antimoine acquiert en présence du plomb.

La facilité avec laquelle le soufre se dégage des sulfures doubles d'antimoine et de quelques autres métaux était déjà connue des anciens chimistes ; Henkel, qui s'est beaucoup occupé dans ses recherches de la cause qui produit l'espèce de végétation que présente l'argent natif ramuleux, l'attribue à la décomposition de l'argent rouge : « Car, dit-il, je suis parvenu, par le seul moyen » d'un feu bien conduit et sans rien ajouter, à » faire végéter la mine d'argent rouge, de sorte » qu'un demi-gros de ce minéral remplissait un » vaisseau de deux pouces-cubes de diamètre, » sous la forme d'un petit buisson, ce qui faisait » quelque chose de fort agréable à la vue, et un » spectacle merveilleux pour les ignorans. »

Ce mode de formation de ce minéral n'est pas, au reste, le seul qu'on puisse concevoir ; on peut aussi l'obtenir en chauffant convenablement du sulfure d'argent ; ou bien, par voie humide, en ré-

duisant lentement du nitrate d'argent étendu d'eau, par son contact avec des corps organiques, tels que la fibre végétale, et lui présentant en même temps un fil de platine, auquel il puisse adhérer, et autour duquel il paraît végéter. Le nitrate d'argent fondu ou la pierre infernale, qui est noircie par le mélange d'une portion d'argent métallique, étant simplement humecté, enveloppé de papier, et abandonné, dans cet état, pendant long-temps, présente un phénomène du même genre, mais très-remarquable, en ce qu'il y a d'abord véritable séparation en deux parties, l'une d'argent métallique qui cristallise, et l'autre de nitrate blanc, et pareillement cristallisé. Les cristaux sont mêlés les uns avec les autres, et atteignent la grosseur d'une tête d'épingle; finalement, tout le nitrate se réduit, et il ne reste plus qu'une masse cohérente d'argent métallique hérissée de pointemens cristallins.

8° *Sulfure d'arsenic.*

L'arsenic métallique ne reste pas aussi facilement uni à ses combinaisons que l'antimoine; il se dégage, par exemple, en entier du plomb par une chaleur convenable; en présence du soufre il s'échappe même complétement de plusieurs autres corps : ainsi du mispickel, $Fe S^4 + Fe As^2$, se réduit au creuset brasqué en sulfure $Fe S^2$, car un minerai naturel de Tortebesse, en Auvergne, m'a donné pour. 50g,00
Un culot pesant.. . . . . 27g,35

D'où vaporisation. 22g,65

résultat qui serait d'accord avec la formule, à peu de chose près. Cependant Lampadius (supplém. à la Mét., pag. 180), a soumis à la distillation, dans une cornue de grès, la même substance provenant des mines de Saxe, pendant trois heures consécutives, mais en élevant la température seulement au blanc faible; il n'a obtenu ainsi que 27,15 d'arsenic pour 100, quelques traces de soufre, et le résidu pesait 70,20. Il n'a donc extrait qu'environ la moitié de l'arsenic contenu dans le mispickel, et cependant comme il avance que, d'après un essai fait en traitant le résidu avec du salpêtre, il n'y avait plus trouvé que des traces de ce demi-métal, et qu'il ajoute encore que son minerai était semblable à celui analysé par Stromeyer, il s'ensuit qu'il y a erreur manifeste dans son résultat, et je ne m'en servirai ici que pour confirmer qu'il ne se dégage en quelque sorte dans ces opérations que de l'arsenic métallique, puisque c'est pour ainsi dire le seul sublimé qu'il ait obtenu.

Si l'on veut obtenir du sulfure d'arsenic, à l'aide de ce minerai, il faut y ajouter du soufre ou des pyrites sulfureuses FeS^4; l'union se fait lors de la sublimation, et la nouvelle combinaison se condense sur les corps environnans: c'est aussi ainsi que l'on opère pour se procurer ce corps.

Mais si l'action de l'oxigène vient à s'interposer dans cette opération, comme quand on fait griller en tas des pyrites arsenicales et sulfureuses mélangées, il se forme alors de superbes cristaux d'acide arsenieux, divers sulfures d'arsenic et une combinaison fort remarquable par la beauté de sa couleur jaune orangé et sa translucidité assez parfaite. Les sulfures d'arsenic purs étant

beaucoup plus opaques, je soupçonnai, dans ce nouveau corps, la présence de l'oxigène, et cherchai à le former directement en traitant, dans une cornue de verre dont le bec plongeait dans l'eau, un mélange de,

Réalgar.	1 at.	13,43	38,24
Acide arsenieux. . .	2 at.	24,81	

Il devait résulter de l'action des six atomes d'oxigène de l'ac. arsenieux et des deux atomes de soufre du réalgar, deux atomes de gaz sulfureux et se sublimer simplement de l'arsenic métallique; mais ce résultat n'a pas lieu en ce qu'il se forme probablement un oxi-sulfure analogue à ceux d'antimoine, de zinc et autres sur lesquels quelques chimistes ont porté leurs investigations, et dont l'étude approfondie jettera un nouveau jour sur la métallurgie des sulfures dans le traitement desquels l'oxigène joue un rôle si important.

La distillation s'est effectuée avec un dégagement modéré de gaz sulfureux; il s'est déposé, dans le bec de la cornue, une substance en partie pulvérulente, en partie compacte, d'une riche couleur orangée, tapissée de cristaux d'acide arsenieux, et, dans sa panse, il y avait un résidu de réalgar fondu sans que j'aie aperçu la moindre trace d'arsenic métallique.

Le produit orangé qui contenait si visiblement de l'acide arsénieux a été distillé de nouveau à une douce température: il y a eu production d'un sublimé analogue au précédent, mais plus riche en arsenic blanc, qui s'est de nouveau réuni dans le bec de la cornue, et il est resté dans la panse un résidu semblable, pour ses caractères physiques, à de la gomme-gutte, sans traces visibles d'acide

arsenieux libre; c'est ce résidu que je considère provisoirement comme un oxi-sulfure; cependant comme il est lui-même complétement désagrégé par l'eau pure qui dissout son acide arsenieux, en laissant déposer une poussière jaune, on pourrait soupçonner qu'il n'offre pas de caractères suffisans de stabilité pour être définitivement considéré comme une véritable combinaison. De nouvelles recherches doivent donc être entreprises pour confirmer cette découverte qui n'a pour elle, jusqu'à présent, que l'analogie et la non-production d'arsenic métallique; c'est principalement dans le résidu de la dissolution par l'eau qu'il faudra chercher l'oxigène, la masse totale pouvant être considérée encore comme un oxi-sulfure retenant de l'acide arsenieux en mélange.

Le sulfure d'arsenic est un sulfurant encore plus énergique que celui d'antimoine; il offre, en outre l'avantage de laisser dégager complétement son métal d'avec le sulfure formé, en sorte que l'on peut avoir, dans certains cas, du sulfure métallique pur.

Sulfure d'arsenic $As\,S^2$.	13,43	39,32
Plomb métallique Pb.	25,89	

chauffés ensemble dans un creuset luté ont laissé un résidu pesant. 29,10

Il était boursoufflé en partie et hérissé de petits cubes de galène, dont il possédait au reste tous les caractères; d'ailleurs le résultat correspondait à peu de chose près à celui d'un atome de galène, sauf la légère perte que la vaporisation a dû nécessairement occasioner.

Il sulfure si puissamment l'argent métallique, que si on échauffe un peu ce métal, et qu'on y

pose un grain de réalgar, l'action a lieu avec incandescence, vaporisation d'arsenic, et le résidu est du sulfure d'argent.

Enfin, j'ai encore traité de l'antimoine métallique par ce corps; mais, le produit s'étant en partie infiltré dans le creuset, je n'ai pu apprécier convenablement le résultat qui m'a cependant paru avoir les caractères de l'antimoine sulfuré sans les traces de régule.

Il resterait encore, comme on le voit, une multitude d'expériences à faire pour déterminer le rôle de plusieurs autres sulfures importans, notamment de ceux alkalino-terreux; mais leur action étant généralement très-compliquée dans les fourneaux, par la présence de l'oxigène et de la silice, je m'en occuperai spécialement dans un nouveau Mémoire.

On peut conclure des faits rapportés dans ce Mémoire, que :

1°. Les métaux se rangent dans l'ordre suivant d'affinité pour le soufre : cuivre, fer, étain, zinc, plomb, argent, antimoine et arsenic. Deux métaux contigus dans cette série se désulfurent difficilement, tandis que cette action est très-tranchée sur deux métaux éloignés l'un de l'autres : ainsi le sulfure de plomb est réduit facilement par le cuivre et le fer; mais il n'en est plus de même avec l'étain; de même l'antimoine sulfuré n'est pas complétement réduit par l'argent métallique.

2°. Les sulfures métalliques se réduisent plus ou moins facilement en présence du charbon et d'une haute température suffisamment soutenue : le fer, dans ce cas, s'unit même au carbone, et passe à l'état de fonte qui se sépare assez com-

plétement quand elle est en quantité suffisante.

3°. Les métaux ont peu d'affinité pour leurs propres sulfures, et la formation des sous-sulfures métalliques est restreinte à certains cas peu nombreux et qui n'existent qu'entre certaines limites de température. Dans la plupart des cas, on a pris pour des sous-sulfures métalliques, de simples mélanges souvent appréciables par des moyens purement mécaniques.

4°. Les mattes obtenues dans les opérations métallurgiques ne peuvent pas être en général des combinaisons de sulfures ou de sous-sulfures en proportions définies, quoique les résultats de la décomposition des sulfures par les métaux et de la combinaison directe des sulfures entre eux permettent d'établir des proportions pareilles quand les mélanges primitifs ont eux-mêmes été établis rigoureusement.

5°. La vaporisation des sulfures et la décomposition qui en est la suite se fait en proportions définies, quand la température est convenablement appliquée; j'ai principalement fait ressortir ce fait dans un mémoire spécial, et celui-ci nous en offre quelques nouveaux exemples.

6°. Certains sulfures manifestent peu d'affinité les uns pour les autres; tel est celui de zinc qui ne paraît pas pouvoir s'unir ni à celui de plomb ni à celui d'étain; d'autres, au contraire, montrent une telle tendance à rester unis, que la réduction, à l'état métallique, de l'un d'eux devient fort difficile; nous en avons vu des exemples pour les sulfures de fer, d'étain, d'argent, etc.....

7°. Le sulfure de zinc jouit de la propriété de se dissoudre dans les scories fusibles, et d'y cristalliser par un refroidissement gradué; les autres

sulfures, tels que ceux de fer, de plomb, etc., ne se présentent jamais de cette manière; s'il se trouve de ces derniers dans une scorie, c'est toujours sous forme de nodules ou de veines isolées, et le composé n'est jamais homogène.

8°. L'antimoine métallique acquiert en présence du plomb et de l'argent, une grande fixité, et laisse, dans ce cas, échapper le soufre avec la plus grande facilité sans être entraîné lui-même; l'arsenic au contraire se dégage très-aisément, sans soustraire de soufre aux sulfures, quand ceux-ci toutefois ne sont que des proto-sulfures, et sont d'ailleurs suffisamment fixes.

9°. La présence de l'oxigène modifie singulièrement l'action du soufre seul; ainsi, en présence d'une suffisante quantité de ce gaz, le fer ne peut plus désulfurer, ni la galène, ni la blende, tandis que le cuivre, qui est moins oxidable que ces métaux, joue toujours, jusqu'à un certain point, son rôle de désulfurant.

10°. L'oxigène tend à former aussi, dans certains cas, des oxisulfures, ainsi que nous l'avons vu pour le zinc, et peut-être pour l'arsenic; cette action est, au reste, évidente dans plusieurs autres opérations métallurgiques, telles que la formation des abstrichs, etc., etc.

Il me reste à observer ici que, m'étant procuré récemment divers mémoires de M. Berthier, j'ai reconnu qu'il avait déjà signalé plusieurs des faits que j'ai avancés; je ne puis donc que me féliciter de l'appui que mes résultats acquièrent par cette coïncidence, espérant qu'on y trouvera un gage de l'exactitude du reste de mon travail.

MÉMOIRE

Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de fer de la vallée de l'Aubois (département du Cher). (1).

Par M. F. MALINVAUD, Aspirant-ingénieur des mines.

La vallée de l'Aubois est située dans le département du Cher, sur les confins du département de la Nièvre; elle s'étend dans la direction sud-sud-ouest, nord-nord-est, depuis le village de la Chapelle-Saint-Hugon jusqu'à celui d'Aubigny, sur une longueur d'environ 2 myriamètres; c'est près de ce dernier village que l'Aubois se jette dans la Loire.

On trouve dans cette vallée des minerais de fer en grains analogues à ceux qu'on exploite dans le reste du Berry; ces minerais aliment un grand nombre de hauts-fourneaux, dont les fontes approvisionnent l'usine de Fourchambault et plusieurs autres forges du Nivernois; je vais successivement décrire, dans ce mémoire, leur gisement et la formation à laquelle ils doivent être rapportés; leur exploitation et la préparation mécanique qu'on leur fait subir; enfin leur traitement dans les hauts-fourneaux de la vallée de l'Aubois.

Gisement.

On trouve, dans la vallée de l'Aubois, trois espèces de terrains bien distincts :

1°. La formation de calcaire jurassique;

(1) Ce mémoire a été écrit à la fin de l'année 1831.

2°. Le terrain qui renferme le minerai de fer;

3°. Un terrain plus récent, composé de cailloux et de sables, et qui doit être rapporté à l'époque du diluvium.

1°. *Calcaire jurassique.* Ce calcaire forme la base du terrain de la vallée de l'Aubois; on peut facilement l'étudier dans plusieurs carrières où il est exploité pour Castine; on trouve de ces carrières, par exemple, auprès des hauts-fourneaux de Torteron, de Feularde, etc. On y observe des couches alternatives sensiblement horizontales de calcaire et d'argile; ce calcaire est gris, ou gris jaunâtre, très-argileux dans les couches supérieures; j'y ai long-temps cherché des fossiles sans pouvoir en rencontrer; il paraît cependant, d'après ce que m'ont rapporté les carriers, qu'on y trouve des ammonites et quelques autres fossiles très-rares, mais dont j'ignore les espèces.

D'après l'inspection de ces carrières, il est assez difficile de déterminer auquel des trois étages de la formation oolitique se rapporte ce calcaire; mais il est peut-être possible d'y arriver par des observations faites sur un autre point. Si on sort de la ville de Nevers du côté du pont sur la Loire, et que l'on descende un peu ce fleuve en suivant sa rive droite, on ne tarde pas à trouver, sur la pente très-inclinée par laquelle se termine un plateau jurassique qui domine la Loire, des carrières de pierre à bâtir où l'on exploite le calcaire oolitique qui, en cet endroit, renferme une très-grande abondance de fossiles; ce calcaire est très-compacte, de couleur jaunâtre ou bleuâtre, et ressemble tout-à-fait, par son aspect, aux calcaires qui sont exploités, pour pierre à bâtir, en plusieurs points de la Franche-Comté, et notamment

aux environs de Besançon ; il se rapporte, comme eux, à l'étage inférieur de la formation jurassique, et les nombreux fossiles qu'il renferme ne font que confirmer ce résultat. Parmi ces fossiles, on distingue beaucoup d'ammonites, des térébratules, des ursins, des peignes, des nautiles, etc., dont plusieurs sont caractéristiques pour l'étage inférieur.

Le calcaire qui est exploité est recouvert par un autre calcaire qui renferme la *gryphæa dilatata*, coquille caractéristique pour l'étage moyen de l'oolite; cette couche, qui forme la partie supérieure du plateau, se trouve au niveau de la Loire, sur la rive droite, en face du point appelé Bec-d'Allier; elle plonge vers l'ouest, c'est-à-dire du côté de la vallée de l'Aubois; et comme le terrain est fort peu accidenté, entre cette vallée et le Bec-d'Allier, il est fort probable que les couches qui sont exploitées pour Castine à Torteron, sont supérieures aux couches qui contiennent la *gryphæa dilatata*, et appartiennent, par conséquent, soit à l'étage moyen, soit à l'étage supérieur du terrain oolitique.

Au reste, la détermination exacte de l'étage de ce calcaire est assez indifférente pour la fixation de l'époque à laquelle s'est déposé le minerai de fer dont il est question.

2°. *Terrain renfermant le minerai de fer.* Ce terrain repose immédiatement sur le calcaire dont nous venons de parler; il consiste en général en argiles plus ou moins sableuses et de couleur jaunâtre qui recouvrent la surface du calcaire précédemment dégradée; le minerai de fer se trouve disséminé dans ces argiles.

On n'a pas, jusqu'à présent, rencontré de mi-

nerai sur la rive droite de l'Aubois, et il ne paraît pas qu'il y en existe; toutes les exploitations se trouvant sur la rive gauche, les principales sont dans l'espace compris entre le haut-fourneau de Torteron, celui du Sautay, celui de Sale et le Petit-Beaurenard.

Le minerai de fer se trouve disséminé dans l'argile en grains ou en rognons; les grains sont le plus souvent sphériques et de la grosseur d'un gros pois; leur surface est lisse, et leur couleur brune; ils sont composés de fer oxidé hydraté, disposés en couches concentriques concrétionnées; on ne distingue point, à leur centre, de petit grain de pyrite qui puisse faire soupçonner qu'ils proviennent de la décomposition du sulfure de fer; l'argile qui les renferme contient de petits grains de quartz et des fragmens plus gros de quartz et de calcaire roulés. Les rognons sont des masses concrétionnées, dont la surface est ordinairement tuberculeuse et polie; l'intérieur se compose de grains à couches concentriques de fer oxidé hydraté tout-à-fait semblables aux grains isolés et qui sont réunis entre eux par un ciment ferrugineux de même nature; on y distingue de petits points de fer oxidé rouge, et de petits grains de quartz dont la surface est quelquefois recouverte par une couche de cet oxide; ces fragmens de quartz ne se trouvent qu'en fort petite quantité dans certains rognons; quelques-uns même en sont presque complétement exempts; mais ils se trouvent au contraire en très-grande abondance dans d'autres rognons, où ils sont fortement agglutinés par le ciment ferrugineux, de manière que leur séparation serait à peu près impossible dans la préparation mécanique, quand même on briserait les rognons.

La surface des rognons n'est tuberculeuse et polie que lorsque l'agglomérat des grains de minerai est recouvert par une couche concrétionnée de même nature que le ciment qui réunit les grains; mais on trouve des agglomérats de minerai qui ne sont point recouverts d'une pareille couche, et c'est principalement dans ceux-ci que l'on trouve des grains de quartz en très-grande abondance; ce ne sont même quelquefois que des fragmens de quartz agglutinés entre eux par un ciment argilo-ferrugineux.

Outre les rognons que je viens de décrire, on en trouve d'autres qui ne diffèrent des précédens qu'en ce que le ciment, qui réunit les grains entre eux, est calcaire; on les rencontre principalement dans les parties des argiles ferrugineuses qui avoisinent le calcaire dont je vais parler.

Ce calcaire forme une espèce de couche ou plutôt de banc qui recouvre l'argile qui contient le minerai de fer; sa cassure est ordinairement compacte et présente un grand nombre de petites cavités, dont l'intérieur est enduit d'une couche très-mince de calcaire cristallin; sa couleur est tantôt blanche, tantôt gris de cendre, tantôt jaunâtre; on y trouve empâtés de petits fragmens de quartz, et de plus, dans les parties qui sont en contact avec les argiles ferrugineuses, on trouve des grains de minerai de fer qui y sont également empâtés; d'autres échantillons de ce calcaire présentent une cassure oolitique parfaitement caractérisée avec une multitude de petites oolites, parmi lesquelles on en remarque de ferrugineuses; ces échantillons montrent de la manière la plus évidente que les grains de minerai de fer et le calcaire dont il est question sont de formation

contemporaine; et d'ailleurs, d'après la manière dont ce calcaire se trouve au milieu des argiles ferrugineuses, il est impossible de séparer ces deux formations.

L'existence de ce calcaire est ici fort importante; car, quoique je n'y aie point trouvé de fossiles, sa ressemblance complète avec certains calcaires d'eau douce, dont l'âge est déterminé d'une manière à peu près positive, servira avec d'autres analogies à fixer l'époque à laquelle se sont formés les minerais en grains qui nous occupent.

Ce calcaire ne se trouve pas partout où il existe du minerai de fer; il ne recouvre les argiles ferrugineuses que dans certains endroits; cette circonstance s'explique, au reste, d'une manière toute naturelle; on pourrait d'abord dire que ce calcaire a été entraîné par les courans diluviens, qui, comme je le montrerai plus bas, ont laissé dans la vallée de l'Aubois des traces de leur passage, et il est possible en effet qu'ils aient emporté certaines parties de ce calcaire; mais, sans avoir recours à cette explication, on conçoit très-bien qu'à l'époque où se formaient les minerais de fer, les eaux, au fond desquelles ce dépôt avait lieu, pouvaient très-bien déposer du calcaire en certains points, tandis qu'en d'autres endroits elles déposaient des argiles; d'autant plus que, comme tout porte à le croire, leur profondeur était peu considérable; au reste, cette diversité de terrains déposés simultanément est un caractère qui appartient à la formation à laquelle je rapporterai les minerais de fer de la vallée de l'Aubois.

Au-dessus du calcaire que je viens de décrire, on trouve encore des argiles qui renferment du minerai de fer, du moins sur certains points; elles

contiennent plus de fragmens de quartz blanc que les inférieures, et le minerai qu'elles fournissent est, d'après le rapport des ouvriers, de moins bonne qualité que celui qui est fourni par l'argile inférieure.

Les argiles ferrugineuses contiennent des quantités très-variables de minerai de fer; les plus riches en renferment environ un tiers; mais la proportion est ordinairement moindre; on en exploite qui n'en renferment que $\frac{1}{10}$, et quelquefois moins encore.

Quant à l'épaisseur de la formation des argiles ferrugineuses et à la profondeur à laquelle elles se trouvent, elles sont très-variables; le minerai de fer se rencontre quelquefois à la surface du sol, ou n'est recouvert que par une épaisseur peu considérable d'argile sableuse stérile; d'autres fois, au contraire, on est obligé d'aller le chercher à une profondeur de 5, 6 et 7 mètres.

J'ai long-temps cherché, mais sans succès, des fossiles dans ce terrain, j'ai seulement trouvé, dans un tas de minerai de fer, une coquille qui paraît être une modiole; mais elle est adhérente à un fragment de calcaire qui provient, sans nul doute, du terrain sur lequel repose la formation des minerais de fer, et ne peut, par conséquent, nullement servir à la détermination de l'âge de cette formation.

3°. *Terrain diluvien*. Sur la rive gauche de l'Aubois, près du village de Fontmorigny, on trouve des carrières où l'on exploite, pour sable, un dépôt composé de sable, de cailloux roulés et de quelques parties argileuses de peu d'étendue; ce dépôt, qui a une épaisseur assez considérable, est bien évidemment supérieur au terrain qui ren-

ferme les minerais de fer; on n'y distingue pas de stratification sensible; les cailloux qu'il renferme sont de différentes natures; mais on en distingue parmi eux un certain nombre dont la surface est noire, brillante et très-lisse; quand on les casse, on voit qu'ils sont composés d'un quartz analogue au quartz-silex et tout-à-fait semblable à celui que l'on trouve dans les terrains tertiaires de la Limagne.

L'époque à laquelle ce dépôt de sables et de cailloux a été transporté coïncide très-probablement avec celle du soulèvement de la partie orientale de la chaîne des Alpes; selon toute vraisemblance, les terrains de la Limagne étaient, avant ce soulèvement, à un niveau absolu bien moindre que celui auquel on les voit aujourd'hui; ce n'est que lorsque les Alpes occidentales se sont redressées que ces terrains ont pris la pente qu'ils ont actuellement du sud vers le nord, et il est à remarquer que la plaine de la Bresse, qui auparavant devait être à peu près horizontale, a pris, à la même époque, une pente dans le même sens, et dont l'inclinaison moyenne est la même que celle des terrains tertiaires de la vallée de l'Allier; or, à l'époque où ce redressement a eu lieu, il y avait encore en Auvergne des lacs d'eau douce au fond desquels se déposaient des terrains, tel que le terrain de transport de la montagne de Boulade, en même temps que se formait la plaine alluviale de la Bresse; par suite de l'inclinaison subite qu'a prise le fond des lacs qui auparavant était horizontal, les eaux de ces lacs ont dû s'échapper avec violence, et se précipiter vers le nord, en entraînant avec elles des blocs des terrains qu'elles traversaient.

Le dépôt de blocs, de cailloux et de sables qui se trouve dans la vallée de l'Aubois, a probablement été formé par les matières que charriaient ces courans : il est évident, en effet, d'après la grosseur des blocs qu'il renferme, qu'il doit être le résultat de courans très-violens ; et si l'on remarque que la direction de la vallée de l'Aubois est à très-peu près la même que celle de la partie inférieure de la vallée de l'Allier, par laquelle les courans diluviens venant de la Limagne devaient déboucher, on sera conduit à penser que cette première vallée a été creusée par l'action érosive des courans qui ont entraîné les terrains tertiaires déjà déposés qui recouvraient la surface du calcaire oolitique.

Après avoir décrit les trois espèces de terrains que l'on rencontre dans la vallée de l'Aubois, et avoir indiqué à quelles formations on peut rapporter le plus ancien et le plus récent, il reste à discuter l'époque à laquelle on doit rapporter le troisième terrain, c'est-à-dire celui qui renferme le minerai de fer en grains.

On est encore aujourd'hui loin d'être d'accord sur l'époque de la formation des minerais de fer en grains ; quelques géologues ont voulu les rapporter tous à la même formation ; d'autres, au contraire, ont prétendu qu'il y en avait de plusieurs formations différentes, et cette dernière opinion paraît être aujourd'hui assez bien établie.

Quant à l'étage géologique auquel il faut rapporter ces minerais, les uns ont pensé qu'on devait les regarder comme un quatrième étage du terrain jurassique ; d'autres, comme faisant partie du système du grès vert et de la craie ; d'autres,

comme appartenant aux terrains tertiaires; d'autres, enfin, comme devant être rapportés aux terrains diluviens et aux brèches osseuses avec lesquelles ils prétendent qu'ils montrent une concordance parfaite dans leurs relations géologiques. Je vais successivement discuter chacune de ces opinions.

Ceux qui regardent les minerais en grains comme un quatrième étage du terrain jurassique, se fondent sur la structure sphérique en couches concrétionnées concentriques que présente ce minerai, et qui est tout-à-fait semblable à celle des oolites calcaires et ferrugineuses que l'on trouve dans le calcaire jurassique et dans les minerais de fer oolitiques qui se trouvent intercalés en couches au milieu de ce calcaire, et qui doivent être soigneusement distingués des minerais en grains proprement dits; ils se fondent en outre sur l'empâtement et les impressions de minerais de fer dans les calcaires du troisième étage qui avoisinent les gîtes, sur la présence des nodules de calcaire marneux qui empâtent des grains de minerais, et qui ressemblent au calcaire jurassique supérieur, et sur celle de fossiles organiques parfaitement intacts et à l'état ferrugineux, et dont les analogues n'existent que dans les terrains plus anciens et dans les grès verts.

A chacun de ces faits, on peut opposer de fortes objections; d'abord, pour la conformité que l'on prétend trouver entre les minerais en grains, les oolites et les minerais oolitiques, relativement à la structure des grains par couches concrétionnées et concentriques, elle n'est d'aucune importance, et on ne peut en tirer aucune conséquence:

la texture oolitique, en effet, n'est pas particulière aux terrains jurassiques; on l'observe dans un très-grand nombre de calcaires appartenant à des formations très-distinctes de la formation oolitique, et certains calcaires tertiaires notamment la présentent d'une manière extrêmement distincte; elle ne peut donc servir à aucun rapprochement entre les minerais en grains et les minerais oolitiques qui d'ailleurs diffèrent entre eux sous plusieurs rapports. Quant à l'empâtement et aux impressions de minerais de fer dans les calcaires du troisième étage, il ne paraît pas que le fait aît été observé d'une manière bien précise : on a peut-être vu des grains dans de petites fentes ou crevasses du calcaire où ils avaient été postérieurement empâtés par un ciment argileux ; mais le fait de l'empâtement, tel qu'il est avancé, est contesté; et, fût-il bien observé, il ne serait pas impossible de l'expliquer, car le calcaire, dans lequel on prétend avoir trouvé des grains de minerai empâtés, est très-marneux ; par conséquent on peut concevoir qu'il aurait pu être ramolli par les eaux au fond desquelles le minerai se déposait de manière à permettre l'empâtement observé. Quant à la présence des nodules calcaires, elle s'explique tout naturellement; car, quoiqu'on trouve des grains agglutinés entre eux par un ciment ferrugineux, on ne voit pas pourquoi on n'en trouverait pas de réunis par un ciment calcaire, et pourquoi il ne se serait pas déposé des parties calcaires; et d'ailleurs, ces nodules ne ressemblent pas plus au calcaire jurassique du troisième étage qu'à certains calcaires tertiaires. Quant aux fossiles organiques, il est très-vraisemblable qu'ils proviennent des terrains qui étaient déjà déposés lorsque les minerais se sont

formés; parmi ceux qu'on a trouvés jusqu'à présent, il y en a qui se rapportent non-seulement au calcaire jurassique, mais encore au lias, au muschelkalk, et même au terrain de transition, et presque tous sont à l'état ferrugineux. Ainsi, de la présence de fossiles jurassiques dans les minerais en grains, on ne peut tirer aucune conséquence pour le rapprochement de ces minerais avec le terrain jurassique; d'ailleurs on y a trouvé des hamites, fossiles qui ne se rencontrent pas dans les terrains inférieurs au grès vert : ainsi c'est tout au plus au grès vert que ces minerais devraient être assimilés. Quant à la circonstance que présentent ces fossiles d'être presque tous transformés à l'état ferrugineux, elle s'explique facilement, car on sait que la silice se substitue au carbonate de chaux dans certains madrépores et autres fossiles jurassiques.

On a aussi avancé, pour établir de l'analogie entre les minerais en grains et les minerais oolitiques, que les uns et les autres présentaient une certaine proportion de grains qui jouissaient de la propriété magnétique; mais ce caractère ne peut pas servir à un rapprochement, car on trouve dans le grès vert, par exemple, un minerai de fer, la chamoisite, qui est rendu magnétique par un composé analogue à celui qui communique cette propriété aux minerais en grains.

On peut encore mettre en avant d'autres objections contre l'opinion que je combats; ainsi on remarque, en plusieurs endroits, que les argiles qui contiennent les grains de minerai sont déposées sur la surface du calcaire jurassique déjà accidentée, et que par conséquent il y a eu interruption entre les deux formations : on remarque aussi que les

argiles ferrugineuses contiennent souvent du sable et des cailloux quartzeux, et que les rognons de minerai renferment aussi quelquefois de petits fragmens de quartz; et, ce qui est important à remarquer, c'est que cette circonstance se présente tout aussi bien dans les minerais qui n'ont pas été remaniés depuis leur formation, que dans ceux qui l'ont été comme je vais le dire; seulement les fragmens de quartz existent presque toujours, et en grande abondance, dans les derniers, tandis qu'ils sont ordinairement assez rares dans les premiers.

On avait aussi objecté, contre l'assimilation des minerais en grains au calcaire oolitique, la présence dans certains de ces minerais de débris d'animaux diluviens; mais cette objection n'est pas fondée : il est certain qu'à l'époque de la débâcle diluvienne les minerais de fer en grains ont été remaniés, et qu'ils ont rempli des dépressions, des crevasses, en entraînant avec eux des cailloux roulés, des matières arénacées et des débris d'animaux diluviens : ces gîtes de minerais sont toujours à la surface du sol, ou ne sont recouverts que par une petite épaisseur d'argile sableuse.

D'après ce qui précède, il ne me paraît pas possible de regarder les minerais de fer en grains comme faisant partie du système jurassique, et en formant le quatrième étage.

On repousserait facilement par les mêmes argumens l'assimilation des minerais en grains au système du grès vert et de la craie : la principale raison que l'on apporte pour soutenir cette opinion, c'est la présence des fossiles; mais j'ai déjà dit comment on répondait à cet argument.

Il n'est pas possible non plus de regarder tous

les minerais en grains comme de formation diluvienne : il est bien prouvé qu'il existe deux espèces de minerais en grains ; les uns en place, qui recouvrent la surface du calcaire jurassique, qui ne présentent jamais de grains brisés, se trouvent souvent à des profondeurs assez considérables, sont quelquefois recouverts par des calcaires ou des conglomérats calcaires, et dans lesquels on ne trouve jamais de débris d'animaux diluviens; les autres, au contraire, proviennent évidemment du remaniement des premiers lors du cataclysme diluvien ; ils remplissent ordinairement des dépressions, des boyaux ou des fentes dans le calcaire jurassique; ils sont, comme je l'ai déjà dit, à la surface du sol, ou recouverts d'un peu d'argile sablonneuse, contiennent des grains brisés, des cailloux roulés, des fragmens des terrains environnans, et des débris d'animaux diluviens. Ces débris sont des défenses et des dents d'éléphans, des fragmens de bois de cerf, des dents et phalanges de rhinocéros, d'ours, des dents de requins, etc.....

Puisque la formation des minerais de fer en grains n'appartient ni aux terrains jurassiques, ni au système du grès vert et de la craie, ni au terrain diluvien et aux brèches osseuses, il faut la rapporter soit aux terrains tertiaires, soit au terrain d'alluvion ancienne. D'après les observations de M. Élie de Beaumont, il paraît très-probable que les minerais de fer en grains de la Haute-Saône et de la Franche-Comté doivent être rapportés au terrain d'alluvion ancienne; ils sont placés à l'extrémité septentrionale du grand lac qui recouvrait la Bresse, et le terrain qui le renferme n'est que la continuation du terrain de la Bresse.

Quant aux minerais en grains de la vallée de l'Aubois et à ceux du reste du Berry, qui, bien évidemment, appartiennent à la même époque, ils me paraissent, d'après leur position et les relations du terrain qui les renferme avec d'autres terrains voisins, devoir être rapportés à l'étage moyen des terrains tertiaires, c'est-à-dire à l'étage qui comprend les meulières et le grès marin du bassin de Paris : à mesure qu'on s'éloigne du centre de ce bassin, ces deux terrains tendent à se confondre; et dans les environs de Montargis, de Briare, leur liaison est complète. Le terrain de meulière, ou le calcaire d'eau douce qui lui correspond, forme tout le plateau de la Beauce et se lie d'une manière continue avec les sables de la Sologne, qui présentent des dépôts d'argile d'eau douce, et qui passent, en quelques endroits, à des calcaires d'eau douce tout-à-fait semblables à celui que l'on trouve au milieu des argiles ferrugineuses de la vallée de l'Aubois. Le terrain qui contient les minerais de fer du département du Cher se lie immédiatement aux sables de la Sologne, dont il forme la prolongation : on passe donc sans interruption du terrain de meulière ou du calcaire d'eau douce du bassin de Paris aux terrains qui renferment les minerais du Berry, et en remontant la vallée de l'Allier on arrive au calcaire d'eau douce de la Limagne, que l'on est ainsi porté à regarder comme appartenant aussi à l'époque des meulières.

On trouve aux environs de Cosne, sur la rive droite de la Loire, un calcaire d'eau douce qui, du reste, est peu développé, mais qui offre la plus grande ressemblance avec le calcaire que j'ai signalé dans les argiles contenant le minerai en

grains de l'Aubois, et ce calcaire d'eau douce des environs de Cosne se lie immédiatement à celui du Gâtinais, et par conséquent à celui du bassin de Paris.

Sur la rive droite de la Loire, au-dessus de Nevers, entre cette ville et l'usine d'Imphy, on trouve un terrain qui offre la plus grande ressemblance avec le terrain de meulière proprement dit des environs de Paris, et qui présente, comme lui, des argiles sableuses et des sables avec du quartz silex tout-à-fait semblable à celui des meulières: or, ce terrain est évidemment de la même époque que celui de la vallée de l'Aubois, auquel, du reste, il peut être rattaché immédiatement; il offre donc une nouvelle induction pour rapporter ce dernier terrain aux meulières et au grès marin du bassin de Paris; car, à cette distance du centre du bassin, ces deux terrains sont liés de manière qu'il est extrêmement difficile et même impossible de les séparer l'un de l'autre.

Les terrains à minerais de fer du Berry font donc partie du grand plateau d'eau douce que l'on peut suivre depuis les falaises de la Manche jusqu'à la Loire, et de là jusque dans les hautes vallées de l'Auvergne; ce plateau devait être anciennement horizontal; mais aujourd'hui la partie, qui est au nord de la Loire, a une inclinaison générale vers le sud, et, à partir de la Loire, la partie qui est au sud va en se relevant en sens contraire, de manière que les terrains d'eau douce de la Limagne atteignent, en certains points, une hauteur de 800 mètres au-dessus du niveau de la mer. J'ai déjà dit que c'était à l'époque du soulèvement de la partie orientale de la chaîne des Alpes, qui a imprimé des mouvemens considéra-

bles au sol de la France, que ce plateau avait été redressé dans deux directions opposées, à partir de la partie de la vallée de la Loire comprise entre Briare et Angers; et c'est à cette dislocation qu'est dû le coude que fait la Loire au-dessous de Gien, puisqu'elle suit la dépression formée par l'intersection des deux parties des plateaux.

Je ne sache pas que jusqu'à présent on ait trouvé, dans les minerais de fer du Berry, des débris d'animaux diluviens; il ne serait cependant pas étonnant qu'on en trouvât en certains points, car ces minerais ont été très-probablement remaniés par des courans diluviens, comme le prouve le terrain diluvien que l'on trouve dans la vallée de l'Aubois, et qui a été vraisemblablement déposé par des courans descendant de la Limagne.

Exploitation.

L'exploitation des minerais de fer en grains se fait dans la vallée de l'Aubois d'une manière très-simple, parce qu'ils se trouvent en général à une profondeur peu considérable; lorsqu'ils ne sont recouverts que par une faible épaisseur d'argile, l'exploitation se fait à ciel ouvert; lorsqu'ils se trouvent à une profondeur plus considérable, l'exploitation se fait par de petits puits.

Dans le premier cas, c'est-à-dire quand ils ne sont recouverts que par une faible épaisseur d'argile et de terre végétale, avant de commencer l'excavation, on fait un puits pour reconnaître l'épaisseur et la richesse du minerai. Quand on a reconnu le gîte, on déblaie d'abord la terre végétale et l'argile stérile, puis on commence à enlever le minerai; la pioche et la pelle suffisent pour cela.

L'excavation est conduite par gradins, de manière qu'on ne soit pas obligé d'interrompre les travaux lorsqu'il arrive de l'eau ; on s'arrange cependant de manière à ce que l'extraction du minerai ait lieu pendant la saison la moins pluvieuse, et que le lavage se fasse au contraire pendant les mois où il tombe habituellement le plus de pluie, parce qu'on n'a ordinairement que l'eau pluviale pour exécuter le lavage des minerais.

Le lavage se faisant habituellement sur place ou à une très-petite distance du lieu de l'exploitation, le minerai, à mesure qu'on l'extrait, est rangé en grands tas placés autour de l'excavation ou à une distance peu considérable ; le transport se fait avec des brouettes qu'on fait rouler sur des planches.

Lorsque le minerai se trouve à une profondeur un peu considérable, alors on fonce un puits pour servir à l'extraction ; on lui donne ordinairement 2 pieds et demi ou 3 pieds de diamètre ; certaines parties du terrain que traversent les puits sont assez ébouleuses ; néanmoins ceux-ci sont très-peu boisés ; le boisage se réduit ordinairement à quelques morceaux de planches et à des branchages pliés en cercle qui maintiennent les parties disposées à s'ébouler. Lorsqu'il tombe de la pluie, l'eau gêne beaucoup dans ces puits, et, si elle dure quelque temps, on est souvent obligé de les abandonner.

Quand le puits a atteint le gîte, on pousse dans la masse de minerai des excavations dirigées sans aucun ordre, et, on enlève dans le plus bref délai, tout ce qu'il est possible d'enlever sans trop compromettre la vie des ouvriers ; on laisse

quelques piliers pour soutenir le toit; et on les enlève en partie à la fin de l'exploitation. Quand on se retire, on est loin d'avoir extrait tout ce qu'on aurait pu extraire en conduisant les travaux d'une manière un peu moins désordonnée. Le minerai est élevé au jour dans des espèces de seaux que l'on monte avec un treuil construit d'une manière grossière; on le transporte ensuite à l'endroit où doit avoir lieu le lavage, et là on le range en tas; c'est ordinairement près d'une grande excavation où se rassemblent les eaux pluviales, et que l'on choisit aussi près que possible de l'endroit où se fait l'extraction.

Lavage.

Le lavage des minerais a pour but de les débarrasser de l'argile dans laquelle ils sont empâtés; cette opération s'exécute, comme je l'ai déjà dit, au moyen des eaux pluviales rassemblées dans une grande excavation, lorsque, ce qui arrive presque toujours, on ne peut pas disposer de courans d'eau naturels. Le lavage s'effectue à l'aide d'un appareil très-simple, composé d'une pelle suspendue, par une branche de chêne, au point de jonction de trois perches disposées comme les arêtes culminantes d'une pyramide triangulaire. Cette pelle, manœuvrée par un seul ouvrier, sert à élever, un peu au-dessus du niveau du réservoir, l'eau nécessaire au lavage. Après avoir enlevé l'argile au minerai que des ouvriers laveurs agitent constamment, avec des râbles, cette eau rentre dans le réservoir où elle dépose son limon pour servir de nouveau au lavage. Cette méthode de lavage a l'avantage de recombler, du

moins en partie, les excavations que l'on a creusées dans l'exploitation.

Les ouvriers laveurs sont ordinairement payés d'après la quantité de minerai lavé qu'ils obtiennent; cette quantité est variable selon la richesse du minerai; mais, terme moyen, un ouvrier, aidé d'un petit garçon, gagne 1$^{fr.}$, 50 par jour.

Le minerai est extrait et lavé pour le compte de certains marchands de mine, qui payent tous les frais d'exploitation et de préparation, et qui vendent le minerai, tout prêt à être fondu, aux maîtres de forges.

La mesure du minerai, usitée dans le pays, est le tonneau, qui pèse environ 7 $\frac{1}{2}$ quintaux métriques; cette mesure se vend, à Torteron, 5$^{fr.}$, 50, ce qui fait 0$^{fr.}$, 733 le quintal métrique.

Ce minerai est de très-bonne qualité; il donne ordinairement, dans les hauts-fourneaux, 33 à 40 p. 100 de fonte excellente pour le moulage et pour la fabrication du fer. Il est siliceux, car il exige, pour se fondre, une quantité considérable de castine; mais cela provient peut-être de ce que la castine que l'on charge est très-argileuse.

Fonte des Minerais.

Il y a 6 hauts-fourneaux dans la vallée de l'Aubois:

Le haut-fourneau de *Torteron*, près *Fontmorigny*
—— de *Feularde*, près de *Torteron*;
—— de la *Guierche*;
—— de *Sâle*;
—— de *Sautay*;
—— de *Grossouvre*.

Les trois ou quatre premiers dépendent de l'usine de Fourchambault.

Parmi ces hauts-fourneaux, plusieurs ont marché, pendant un certain temps, avec un mélange de coke et de charbon de bois.

Au haut-fourneau de Torteron, on brûlait $\frac{3}{4}$ de coke et $\frac{1}{4}$ de charbon de bois.

A celui de Feularde, $\frac{1}{3}$ de coke et $\frac{2}{3}$ de charbon de bois.

Celui de la Guierche a marché aussi pendant quelque temps avec du coke, mais les autres ont toujours marché au bois. L'année dernière ils allaient tous au charbon de bois; on avait renoncé au coke, parce qu'il produisait de la fonte de qualité médiocre.

Voici quelques renseignemens que j'ai recueillis sur les résultats obtenus aux hauts-fourneaux de Torteron et de Feularde, pendant qu'ils marchaient, le premier avec $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$ de coke, et le second avec $\frac{1}{3}$ seulement de coke.

En octobre 1828, le haut-fourneau de Torteron a produit, en 35 jours, 214.283 kilogr. de fonte; et pour cela on a consommé

123.284	kilog.	de charbon de bois,
543.750	—	de minerai,
27.475	—	de scories,
233.640	—	de castine,
263.280	—	de coke.

La main-d'œuvre a été de 822$^{fr.}$,75. La dépense de la machine soufflante, en graisse et main-d'œuvre, peut être évaluée à 150 fr.

On voit, d'après cela, que le minerai a rendu environ 39 p. 100.

Si on veut calculer le prix de revient de la fonte, il faut savoir que le quintal métrique de coke de Fins, rendu à l'usine, coûtait 5$^{fr.}$, 40; la *banne* de charbon de bois valait 32 à 33 f. La

banne est égale à 24 hectolitres, et le charbon pèse 19 kilog. l'hectolitre; ainsi la banne pèse 476 kilog.; ce qui porte le prix du charbon à un peu moins de 0 fr., 07 le kilog. Quant au minerai, j'ai déjà dit qu'il coûte 0 fr., 733 le quintal métrique. Pour la castine, elle se trouve à la porte de l'usine, et doit par conséquent revenir à un prix fort peu élevé. Les scories venaient probablement de Fourchambault; je ne sais au juste à combien pouvait s'élever le prix du transport.

Le haut-fourneau de Feularde a produit, en 35 jours, 150.518 kilog. de fonte, et pour cela on a consommé 109.480 — de charbon de bois,
177.940 — de coke,
436.945 — de minerai,
174.035 — de castine.

La machine a consommé, en main-d'œuvre et graisse, 112 fr., 50, et elle a brûlé 497,50 quintaux métriques de houille, à 3 fr.

On voit que dans ce haut-fourneau le minerai, qui est le même que celui traité à Torteron, n'a rendu que 34 à 35 p. 100.

En comparant la quantité de charbon de bois que l'on brûlait, avant l'emploi du coke, pour obtenir un certain poids de fonte, avec la quantité de combustible, coke et charbon de bois, que l'on consommait pour obtenir le même poids de fonte, on a vu que la banne de charbon de bois, qui pèse 476 kilog., correspondait à 775 kilog. de coke; c'est-à-dire que 100 de charbon de bois produisaient le même effet que 160 de coke. Si ce résultat est exact, on voit, d'après les prix du charbon de bois et du coke, que l'emploi du coke serait loin d'être avantageux.

L'année dernière, tous les hauts-fourneaux

marchaient au charbon de bois. La consommation en combustible était de 1,25, 1,35 pour 1 de fonte ; à Torteron, elle n'était que de 1,12 ; à Feularde, de 1,25. Le fourneau de Torteron a deux tuyères, son massif est en briques ; sa machine soufflante est mue par une machine à vapeur de 12 chevaux ; on y fait 3 coulées par jour, et chacune produit 1000 à 1200 kilog. de de fonte grise ou truitée ; les fontes blanches qu'on obtient dans les dérangemens du fourneau produisent de très-mauvais fer. Les laitiers sont ordinairement noirs ou verdâtres, bien fondus, et annoncent une bonne allure. On charge une très-grande quantité de castine dans ce haut-fourneau ; cela provient probablement, comme je l'ai déjà dit, de ce qu'elle est extrêmement argileuse ; on en met le tiers et quelquefois plus de la moitié du poids du minerai ; elle se trouve presque à la porte de l'usine, et on en fait des provisions que l'on place sous des hangars pour la faire sécher.

MÉMOIRE

Concernant de nouvelles expériences sur le frottement faites à Metz en 1831.

Par M. MORIN, capitaine d'artillerie.

(Extrait par M. *Boulanger*, élève ingénieur des mines.)

Les résistances dues aux frottemens sont une des causes de pertes de force qu'il est impossible d'éviter complétement dans l'emploi des machines : il devient donc indispensable d'évaluer ces résistances. Les premiers travaux un peu importans sur cet objet sont dus à Coulomb ; mais les limites dans lesquelles cet ingénieur a fait ses expériences étant assez bornées, il existe, dans son travail, des lacunes que les arts mécaniques ont besoin de voir remplir. Cette circonstance, et les doutes que, dans ces derniers temps, on a élevés sur l'exactitude des résultats de Coulomb, ont déterminé M. Morin, capitaine d'artillerie, à entreprendre des expériences plus complètes à cet égard. Ce travail fut en effet commencé en 1831, et cet extrait contient le résumé des recherches faites déjà dans le courant de cette année.

M. Morin a adopté à peu près le même ordre de recherches que Coulomb ; mais les moyens d'observation dont il s'est servi, beaucoup plus parfaits, ne permettent d'élever aucun doute sur l'exactitude des résultats qui, au reste, confirment une partie des lois de Coulomb.

L'appareil dont M. Morin s'est servi consistait en un banc horizontal, sur lequel on faisait mar-

cher les pièces en expérience. Ce banc, dont la direction était perpendiculaire à l'un des côtés d'une fosse creusée dans le sol (1), se compose (*Pl.* III, *fig.* 1, 2, 3, 4) de deux longs gîtes AA en chêne, de $0^{m},30$ d'équarrissage, parallèles entre eux, et distans d'axe en axe de $0^{m},80$. Ils ont $7^{m},90$ de longueur, dont $1^{m},60$ au delà du bord de la fosse. Les gîtes reposent par embreuvement sur sept seuils en chêne de $0^{m},25$ de largeur sur $0^{m},10$ de hauteur, et espacés de $0^{m},75$; de sorte que, sur les plus fortes charges, les gîtes ne peuvent prendre qu'une flexion insensible.

La partie des gîtes AA, qui dépasse le bord de la fosse, est assemblée par embreuvement avec quatre poteaux de sapin B qui descendent jusqu'au fond de la fosse à $5^{m},30$ au-dessous du sol, et dont les pieds sont reçus dans un cadre en chêne qui leur sert de base : ces poteaux se prolongent de $1^{m},80$ au-dessus du sol; vers le haut, ils sont réunis par des systèmes de moises boulonnées : ils sont aussi liés avec les gîtes par des boulons; de sorte que cette charpente a une grande solidité.

Sur la face supérieure des gîtes, mise de niveau, sont fixées les semelles CC, sur lesquelles on fait glisser les corps soumis à l'expérience; elles peuvent s'enlever et se remplacer à volonté. Dans les essais de 1831, elles ont été formées de deux pièces de chêne de $0^{m},07$ d'épaisseur, et de $0^{m},11$ de largeur, exactement parallèles, et fixées aux gîtes à l'aide de vis. Après leur pose, on les a

(1) Cet appareil fut établi dans l'ancienne fonderie de Metz où se trouve une fosse assez profonde destinée autrefois à recevoir les moules.

dressées et on les a mises dans un même plan horizontal, à l'aide d'un niveau à bulle d'air.

Le traîneau destiné à glisser se compose d'abord d'un cadre en chêne DD (*Pl. III* et *IV*, *fig*. 1, 2), sous lequel sont fixées les bandes de frottement EE, soumises à l'expérience.

Une caisse en chêne, solidement construite, repose sur le plateau et reçoit des boulets de 24, dont chacun a été pesé à part, et porte écrit son poids réel.

Un autre plateau en chêne FF, soutenu par les quatre montans BB, est percé d'une ouverture en son milieu, et reçoit deux supports en fonte GG, garnis de coussinets en sorbier, sur lesquels repose l'axe en fer d'une poulie H en chêne.

Sur cette poulie passe une corde I fixée d'un bout au traîneau, et supportant à l'autre la caisse descendante. La caisse, étant suffisamment chargée, fait glisser le traîneau D. Lorsqu'elle arrive au fond de la fosse, elle tombe sur une couche épaisse de copeaux qui amortit le choc. Dès qu'elle y est parvenue, le traîneau ne glisse plus qu'en vertu de sa vitesse acquise; et, afin d'empêcher qu'il ne vienne heurter les montans BB, on a fixé au sommet de ces montans deux pièces courbes en frêne L, destinées à faire fonction de ressorts. On peut d'ailleurs régler la longueur de la corde de manière que la vitesse du traîneau soit anéantie avant qu'il vienne choquer les ressorts.

L'effort nécessaire pour détacher deux corps en contact depuis long-temps étant plus grand que celui qui suffit pour entretenir le mouvement une fois produit, on a cherché les moyens de les observer tous deux dans une même expérience : pour cela on a disposé la caisse K de manière à ce qu'elle

pût recevoir deux autres petites caisses M qui y sont simplement posées, et qui, dans la descente, sont arrêtées par deux traverses N. Cette disposition a été employée dans les premiers essais; mais elle a, dans certains cas, des inconvéniens; on lui a substitué la suivante : sous le traîneau, dans l'axe du banc et vers l'arrière, on a placé un taquet *a* garni d'un talon en fer *b* (*Pl. IV*, *fig.* 1). Entre les gîtes A, et près de leurs extrémités, on a fixé une traverse *g* portant deux coussinets en fer *h'*, sur lesquels repose l'axe d'un levier coudé à angle droit *ced*. La branche *ce* verticale est terminée par un arc de développante d'un cercle de $0^m,10$ de rayon et presse contre le talon *b*; la branche horizontale porte un arc de cercle dont le centre est en *e*, et sur lequel s'enveloppe un bout de sangle qui porte une petite caisse *f* que l'on charge de poids. Au moyen de cette disposition, et du rapport connu entre le rayon de l'arc employé et celui du cercle développé, on pouvait, avec des charges assez faibles dans la caisse *f*, exercer un grand effort sur le traîneau pour le détacher, et, pendant la durée de l'action du levier sur le traîneau, cette action restait constante. Le levier *ced* était arrêté dans sa descente par une traverse *i*, et en mesurant, avant le départ, sa hauteur au-dessus de cette traverse, on pouvait calculer la portion de la course du traîneau, pendant laquelle le levier avait agi concurremment avec la caisse descendante. Plus tard l'expérience ayant démontré que, pour déterminer le départ du traîneau, il suffisait d'un simple ébranlement, on a cessé, dans une partie des expériences, de faire usage du levier.

Quoique l'axe de la corde fût bien dirigé dans

le plan vertical de l'axe du traîneau parallèle au mouvement, le centre de gravité de ce traîneau pouvait se trouver hors de ce plan; de plus, la manière dont la charge variable était reportée, une légère erreur dans la pose des bandes frottantes pouvaient occasioner des déviations sensibles dans la position de ce point, et par suite dans le mouvement du traîneau. Pour remédier à cet inconvénient qui altérait l'étendue des surfaces frottantes, on a adopté la disposition suivante : à l'arrière du traîneau on a fixé une longue latte en sapin, pesant $0^k,596$ le mètre, qui avait $0^m,018$ d'épaisseur sur $0^m,06$ de largeur. A l'extrémité des gîtes, s'élèvent deux montans réunis par un chapeau sous lequel sont deux rouleaux cylindriques; l'un horizontal, destiné à soutenir les lattes; les deux autres verticaux, ayant pour objet de la maintenir latéralement. A $1^m,50$ et à 3 mètres en arrière se trouvent deux systèmes analogues de rouleaux: le milieu des rouleaux horizontaux est placé très-exactement dans l'axe des gîtes et du banc. Cette latte devait contribuer à empêcher toute déviation sensible dans la marche du traîneau.

Afin d'éviter que la pression latérale qu'elle pouvait exercer n'occasionât un frottement capable d'agir sensiblement en sens contraire au mouvement, on a eu soin de donner à ces rouleaux un diamètre de $0^m,05$, et un petit axe en fer de $0^m,003$. Un très-faible effort exercé, à la main, sur la latte suffisait pour empêcher la déviation. Par conséquent la pression sur les rouleaux n'était pas assez considérable pour produire une résistance capable d'influer sur les résultats. L'emploi de cette queue a offert en outre l'avantage de rendre la charge du traîneau à peu

près constante pendant une même expérience.

La corde employée était une natte méplate tressée à seize brins. Cette forme a été adoptée, pour qu'elle eût plus de souplesse; elle pèse $0^k,50$ le mètre. La moitié du poids de la partie de la corde comprise entre le traîneau et la poulie, s'ajoute au poids du traîneau : de même, la moitié du poids de sa portion de la queue, comprise entre l'arrière du traîneau et le premier rouleau, s'ajoute au poids du traîneau; et comme la corde diminue en longueur de la même quantité dont la queue augmente, il se fait une sorte de compensation qu'on a d'abord cherché à rendre exacte; mais, comme il en serait résulté des dimensions trop faibles pour la queue, on a dû se contenter d'une approximation suffisante.

D'après les dimensions adoptées, l'augmentation de poids que le traîneau reçoit de la corde et de la queue est au départ de. . . . . . . $0^k,977$

A l'arrivée, après une course de plus de 3 mètres, de. 1,383

D'où résulte une charge moyenne de 1,165

qui existe en plus ou en moins des extrêmes de. 0,218

au plus. Cette différence est assez petite pour qu'on ait pu admettre que le poids du traîneau est, dans toutes les expériences, augmenté d'une quantité constante égale à $1^k,165$.

Pour remonter la caisse et ramener le traîneau, on a placé à l'arrière du banc un treuil vertical et une mouffle (*Pl. III*, *fig.* 1 et 2), à l'aide desquels deux hommes peuvent exercer, sur le traîneau, un effort de 6 à 800 kilog. pour le ramener et remonter la caisse.

Tel est l'ensemble général de l'appareil em-

ployé aux expériences ; il reste à donner la description détaillée des moyens mis en usage pour déterminer le rapport entre les efforts exercés sur le traîneau par la corde I, et les espaces parcourus par ce traîneau, ainsi que la loi du mouvement du traîneau. On a interposé, entre la corde I et le traîneau, un ressort dont les flexions connues devaient indiquer la tension de la corde ; mais la difficulté de mesurer ces tensions pendant le mouvement exigeait qu'on obtînt une trace permanente de leurs variations. A cet effet, M. Morin a composé le ressort de deux branches *aa*, *bb* (*Pl. IV*, *fig.* 1 et 2) dont les dimensions ont été déterminées par le calcul.

La branche *bb*, la plus rapprochée du traîneau, est fixée à une patte *c*, dont l'extrémité, en forme de mâle de charnière, s'engage dans celle d'une fourche *dd*, fixée au plateau DD du traîneau. Un boulon traverse ces deux pièces et leur permet un mouvement latéral à frottement doux pour faciliter le redressement des directions.

Les deux branches du ressort sont terminées par des oreilles percées de trous qui reçoivent des petits boulons, au moyen desquels deux brides transversales, l'une en dessous, l'autre en dessus, relient ces deux branches en leur conservant l'indépendance des mouvemens.

La branche antérieure *aa* porte un anneau fixe maintenu, au milieu de sa longueur, par deux vis de pression, et auquel s'accroche la corde I. A cet anneau, et entre les deux branches du ressort, est adapté un tuyau en cuivre, portant un noyau à vis que l'on peut faire monter à volonté, et auquel se lie inférieurement une petite

douille garnie d'un pinceau de $0^m,002$ de diamètre, dont la pointe dépasse la douille de $0^m,006$ environ.

Ce pinceau, convenablement alimenté d'encre de Chine, trace, sur un plateau circulaire *ee*, une courbe dont les rayons vecteurs indiquent les flexions du ressort. Ce plateau est mobile autour d'un axe placé dans le prolongement de celui du boulon qui lie le ressort au traîneau. Cet axe en fer est terminé par deux pivots coniques très-petits, qui s'engagent, l'un supérieurement dans le boulon, l'autre inférieurement dans une vis de support *f*, munie d'un contre-écrou *g* qui l'empêche de se desserrer. Le plateau *ee* est en cuivre, parfaitement dressé au tour, et centré sur son axe; sa surface reçoit, pour chaque expérience, une feuille de papier collée sur les bords. Sous le plateau, parallèlement et sur le même axe, est une poulie *hh* dont la gorge reçoit un fil très-fin et très-flexible *ii*, qui, en l'enveloppant d'un tour entier, se fixe par une de ses extrémités à l'arrière des gîtes, et dont l'autre extrémité, passant sur une poulie placée sur le plateau FF (*Pl. III, fig.* 1 et 2), est tendue par un poids léger, suffisant pour que le fil acquière une tension telle qu'il ne puisse glisser dans sa gorge.

D'après cette disposition, on conçoit que, quand le traîneau est mis en mouvement, le plateau *ee* tourne, et que la vitesse de la circonférence de la gorge de sa poulie est la même que celle du traîneau; de sorte qu'il y a, entre les espaces parcourus par le traîneau, et les angles décrits par le plateau, une relation constante facile à trouver. D'une autre part, le pinceau, dont le ressort est muni, trace sur le plateau une courbe

dont les rayons vecteurs indiquent les flexions du ressort : par conséquent, en relevant cette courbe, il est facile de trouver la loi qui lie les espaces parcourus par le traîneau, et les efforts auxquels il est soumis.

D'après plusieurs vérifications directes sur le ressort, on s'est assuré qu'il prenait des accroissemens de flexion proportionnels aux efforts exercés sur son anneau, et dans le rapport exact de $0^m,00052$ pour 1 kilog., depuis 0 jusqu'à 100 kilog.

Afin d'être sûr qu'il conserverait sans altération son élasticité, et de n'être pas exposé à le forcer, on a adapté, à la patte qui le réunit au traîneau, une griffe à deux branches qui s'oppose à ce qu'il prenne une tension plus grande que celle qui correspond à 95 kilog., et l'on s'est assuré, dans toutes les expériences, que, malgré les secousses qu'il éprouvait, il n'a jamais contracté de courbure permanente : c'est ce qu'on vérifiait, au commencement de chaque essai, en traçant, sur le plateau, le cercle correspondant à la flexion naturelle du ressort, avant d'accrocher la corde à son anneau. Le rayon de ce cercle s'est constamment trouvé égal à $0^m,10$, sauf de très-petites variations dues au retrait de la feuille de papier, lorsqu'on a enlevé la feuille.

Pour déterminer la loi du mouvement du traîneau, M. Morin a employé la combinaison d'un mouvement uniforme connu, avec le mouvement dont il cherchait la loi.

Sur l'axe en fer de la poulie H (*Pl. IV, fig.* 3 et 4), est fixé un manchon en bronze, offrant une embase assez large, contre laquelle vient s'appliquer un disque en cuivre *aa* de $0^m,35$ de diamètre, exactement centré sur l'axe. Au moyen d'un écrou

de pression *b*, on l'arrête sur cet axe. Les deux faces de ce plateau sont parfaitement dressées au tour, ainsi que celle de l'embase, et leurs plans sont perpendiculaires à l'axe de la poulie. On applique sur ce disque une feuille de papier collée sur les bords.

Parallèlement à ce disque, et sur le plateau FF, est monté un mouvement d'horlogerie qui a pour moteur un ressort, malgré l'avantage qu'aurait présenté l'usage d'un poids, parce qu'on a pensé qu'il pouvait être employé dans différentes circonstances où l'on serait obligé de l'incliner. Le mécanisme, qui porte un volant régulateur à ailettes, est renfermé dans une boîte en cuivre; il fait mouvoir un cercle de cuivre *cc* de $0^m,07$ de rayon, dont le plan est parallèle à celui du plateau *aa* : un style formé par un pinceau *e*, introduit dans une douille qui se visse à volonté sur le cercle *cc*, est destiné à laisser sur le plateau une trace qui est un cercle lorsque la poulie est au repos, mais qui, dans le cas du mouvement, est une courbe qui représente la loi du mouvement. En effet, le style marchant avec une vitesse uniforme connue, on en déduira le temps, et la circonférence de la poulie ayant la même vitesse que le traîneau, ses angles de déplacement donneront les espaces.

Il est indispensable que le plan du cercle décrit par la pointe du pinceau soit exactement parallèle à celui du disque *aa* : celui-ci étant invariable, c'est le premier qu'il faut incliner convenablement. Voici comme on y parvient : le mécanisme entier est monté sur un plateau *f*, mobile entre des coulisses parallèles fixées au grand plateau F : deux montans en fer *gg* reçoivent des tourillons mobiles qui s'adaptent à la boîte du mouvement.

Ces deux montans, liés par une bride inférieure, reposent par deux pattes hh' sur le plateau mobile f : chacune de ces pattes est maintenue à frottement sur le plateau par un boulon de pression. L'une des pattes h est percée d'un trou circulaire de même diamètre que le boulon qui la traverse (*Pl. IV, fig.* 4) ; l'autre h' porte une ouverture allongée qui permet de donner au système des montans et au mouvement d'horlogerie un petit mouvement de rotation autour du centre h, afin d'amener le diamètre horizontal du cercle cc à être parallèle au plan du plateau.

Pour qu'il en puisse être de même du diamètre vertical, il faut faire tourner la boîte autour de ses tourillons horizontaux : c'est à quoi l'on parvient, à l'aide d'une vis k qui traverse le bas de la cage et s'engage dans un petit montant en fer lié aux deux premiers. Un ressort à boudin, interposé entre le montant et la cage, oblige celle-ci à s'écarter par le bas autant que le permet la vis; de sorte qu'en la serrant ou en la desserrant on parvient à rendre le diamètre vertical du cercle décrit parallèle au plan du disque aa. Le plan de ce cercle ayant deux diamètres parallèles au plan aa, l'est aussi lui-même.

Ce parallélisme obtenu, la vis l sert à imprimer un mouvement de translation à tout le système pour l'approcher ou l'éloigner du disque aa, selon qu'il est nécessaire, pour produire ou faire cesser le contact du pinceau avec la feuille destinée à recevoir sa trace.

Tout étant disposé pour une expérience, on met le style en contact avec le disque aa, puis on lâche le déclic qui permet d'arrêter ou de laisser marcher à volonté le mécanisme. Alors le

pinceau trace un cercle nommé *cercle de départ*. Lorsqu'au bout de quelque temps on s'est assuré que sa vitesse est réglée, on observe, avec une montre à demi-secondes mortes, de Bréguet, le temps employé à un certain nombre de révolutions. Cette observation préliminaire une fois faite, on donne le signal du départ, et le traîneau se mettant en mouvement, ainsi que le plateau *aa*, le pinceau trace sur ce dernier la courbe qui donne la relation entre le temps et les espaces parcourus. Dès que la caisse est arrivée au fond de la fosse, l'axe de la poulie ne tourne plus qu'en vertu de son inertie, et s'arrête presque de suite. Le style recommence alors à tracer un cercle que l'on a nommé *cercle d'arrivée*.

Cela fait, on arrête le mouvement d'horlogerie, on le ramène en arrière à l'aide de la vis *l*, on enlève le plateau *aa*, et l'on remplace la feuille de papier qu'il portait par une autre, destinée à une nouvelle expérience. Les courbes, ainsi obtenues, sont d'une netteté et d'une continuité parfaites.

De nombreuses vérifications ont montré que la vitesse du style restait la même quand le plateau de la poulie était en mouvement, et quand il était immobile. On conçoit, en effet, que le pinceau doit exercer, sur le plateau, une action trop faible pour qu'il en résulte des dérangemens sensibles dans son mouvement.

On vient de voir comment on disposait tout pour une expérience, et comment les courbes étaient obtenues, il s'agit maintenant de relever et de développer ces courbes. Prenons pour exemple la seconde expérience sur le frottement du chêne en mouvement sur du chêne sans enduit,

les fibres des deux bois étant parallèles à l'axe du banc : la *fig.* 5, *Pl. III*, représente la courbe décrite par le style ; le cercle 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, etc., est le cercle de départ. D'après l'observation préliminaire de la vitesse du style, ce cercle était décrit en 2″ ; on l'a partagé en 10 parties numérotées 0, 1, 2, 3, 4, etc., à partir du point 0 qui a paru être celui de la séparation des deux courbes. A ce sujet, on remarquera que le traîneau partant de l'état de repos avec une vitesse nulle qui s'accroît par degrés, la courbe que trace le pinceau, pendant le mouvement, est nécessairement tangente au cercle de départ. Le point de contact est l'origine du mouvement, mais il est difficile de le déterminer *à priori*.

Ce n'est donc que par approximation que l'on prend à vue ce point 0 pour l'origine commune des temps, mais cela n'altère en rien la valeur des espaces parcourus, et n'apporte à celle des temps qu'une erreur constante en plus ou en moins : on verra plus loin le moyen de retrouver la véritable origine des temps.

Il est facile de voir que la trace du pinceau doit être, dans toute sa course, comprise entre deux cercles concentriques à l'axe du disque ou de la poulie, et toujours au cercle de départ, l'un en dehors, l'autre en dedans. L'axe de la poulie traversant le papier, le centre des cercles dont nous venons de parler n'existe pas ; il serait facile de le déterminer, mais l'instrument qui sert au relèvement a été construit de manière à donner le cercle concentrique à l'axe qui se trouve à l'intérieur de toutes les circonvolutions de la courbe ; de sorte qu'on peut supposer ce centre *c* connu. Si, de ce point, on trace une série de cercles, passant par

les points de division du cercle de départ; et si on cote, des même numéros, les rencontres de la trace du style avec ces cercles, la trace sera la courbe

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ..., 17, 18.

Vers le point 18 il y a une inflexion brusque, et bientôt la courbe redevient un cercle, ce qui indique que le plateau s'est arrêté.

Considérons un point quelconque de la trace, le point 2, par exemple : il est évident que, dans le mouvement du traîneau, pendant que le style aura, sur son cercle, parcouru l'arc 02 correspondant, d'après la vitesse observée, à 0″,2, le disque aura tourné de l'angle $2c2$. Or, le rayon extérieur de la poulie étant connu, ainsi que l'épaisseur de la corde, on trouve que le rayon moyen de la poulie est $0^{m},111$; la circonférence sera

$$2\pi \times 0^{m},111 = 0^{m},6974,$$

et chaque degré de cette circonférence est égal à $0^{m},001937$. Ainsi, pour chaque degré décrit par le disque, le traîneau marche de $0^{m},001937$: l'angle $2c2$ étant, dans le cas de la figure, d'après la mesure directe, de

$$56°,3$$

l'espace parcouru par le traîneau au bout de 0″,2, est égal à $56°,3 \times 0^{m},001937 = 0^{m},109$.

En opérant ainsi, on peut, par le relèvement successif des arcs

01, 02, 03, 04,...
11, 22, 33, 44,....

former une table des temps, et des espaces correspondans, parcourus par le traîneau.

Les cercles décrits du point c peuvent rencon-

trer plusieurs fois la trace du pinceau, et, dans le relèvement, il faudra avoir soin d'augmenter l'arc relatif aux espaces, d'autant de fois 360° que le plateau aura fait de tours depuis l'origine du mouvement, et l'arc des temps d'autant de fois 2″ que le style aura fait de révolutions sur lui-même, ce qui est toujours facile en suivant la marche de la courbe.

Ainsi, par exemple, il est aisé de s'assurer que le point 12 de la courbe n'a été marqué qu'après que le plateau *aa* a décrit 4 circonférences, plus l'arc 2, 2. 12, qui est de 202°, ou en tout 1642°, ce qui correspond à une course du traîneau de 3ᵐ,180.

On voit d'ailleurs que, pour avoir une plus grande exactitude dans le relèvement, il suffira de diviser le cercle de départ en un plus grand nombre de parties égales.

Pour relever les arcs relatifs aux espaces, on s'est servi d'un rapporteur formé de deux branches mobiles dont le noyau cylindrique avait exactement le diamètre du petit cercle décrit du centre *c* tangentiellement au cercle de départ : il s'en suit qu'en posant le rapporteur sur la feuille, de manière que ce noyau soit tangent aux différentes circonvallations de la trace du style, l'instrument sera exactement concentrique au plateau ou à la feuille qui porte la courbe à relever. Le limbe de l'instrument est divisé en demi-degrés, ce qui suffit pour ces expériences.

Au moyen de la méthode de relèvement indiquée ci-dessus, on a pu facilement représenter la loi du mouvement dans chaque expérience, par un tableau semblable au suivant, qui se rapporte à la deuxième expérience sur le frottement du

chêne sur le chêne, sans enduit, les fibres étant parallèles.

Frottement du chêne en mouvement sur le chêne, sans enduit, fibres parallèles ; 2°. expérience.

Vitesse uniforme du style, 1 tour en 2 secondes.

Parties de la circonférence du style.	Temps correspondans.	Degrés parcourus, dans le même temps, par le plateau.	Espaces parcourus dans le même temps par le traîneau.
			m.
0,0	0″,0	0,0	0,000
0,1	0 ,2	9,7	0,018
0,2	0 ,4	56,3	0,109
0,3	0 ,6	127,5	0,247
0,4	0 ,8	228,0	0,441
0,5	1 ,0	354,0	0,686
9,0	1 ,2	490,0	0,948
0,7	1 ,4	648,5	1,255
0,8	1 ,6	803,2	1,553
0,9	1 ,8	1004,0	1,945
1,0	2 ,0	1197,0	2,318
1,1	2 ,2	1412,0	2,734
1,2	2 ,4	1642,0	3,180
1,3	2 ,6	1864,5	3,608
1,4	2 ,8	2018,0	3,905
1,5	3 ,0	2161,5	4,189

Du reste, on obtient exactement les espaces parcourus par le traîneau, et l'incertitude qui règne sur la détermination du point 0, n'influe que sur la valeur des temps écoulés, en les augmentant ou les diminuant tous d'une quantité égale.

Pour représenter graphiquement le tableau ci-dessus des temps et des espaces parcourus, on a pris les espaces, pour abscisses, à l'échelle, de $0^m,10$ pour mètre, et les temps, pour ordonnées, à l'échelle de $0,^m1$ pour 1″ ; puis, par tous les points ainsi déterminés, on a fait passer une courbe que l'on peut appeler *courbe du mouvement*. Les abscisses ou

les espaces ayant leurs valeurs exactes depuis l'origine du mouvement, la perpendiculaire à leur axe, menée par l'origine adaptée, est une tangente à la courbe. Cette courbe relevée est représentée *Pl. III, fig.* 6.

Coulomb avait été conduit, par ses expériences, à admettre que le frottement était une force constante indépendante de la vitesse ; d'où il résultait que, dans le mouvement du traîneau, les espaces parcourus étaient proportionnels aux carrés des temps. Si cette conclusion de Coulomb est exacte, la courbe du mouvement doit être une parabole; il était donc tout naturel de chercher à reconnaître si la courbe du mouvement n'était pas en effet une parabole.

Pour y arriver, M. Morin s'est servi des deux théorèmes suivans :

1°. Si l'un des côtés d'une équerre passe constamment par le foyer d'une parabole, et que son sommet parcoure la tangente au sommet de la parabole, l'autre côté de l'équerre sera constamment tangent à la courbe.

2°. Un triangle étant circonscrit à une parabole, si on lui circonscrit une circonférence de cercle, elle passera par le foyer de la parabole.

Les réciproques de ces deux théorèmes étant d'ailleurs vraies, M. Morin s'est servi, selon les cas, de l'un ou de l'autre, mais surtout du premier, lorsque l'axe des temps était connu exactement; ce qui a lieu pour la plupart des expériences, car il n'y a d'indécision que lorsque le traîneau part très-lentement. On mène alors, à la règle, des tangentes à la courbe, et à l'intersection de ces lignes avec l'axe des temps, on leur mène des perpendiculaires dont la rencontre détermine le

foyer, si la courbe est une parabole. Or, toutes les expériences faites jusqu'ici ont, sans exception, donné des paraboles.

La seule portion qui n'est pas parabolique est celle qui se rapproche très-près de l'origine. La parabole construite au moyen du foyer déterminé par le tracé se confond, dans tout le reste de son développement, avec la courbe relevée.

Le foyer de la parabole une fois déterminé, on en déduit l'origine réelle du mouvement, et l'on est à même de rectifier les valeurs des temps déduites de l'observation. C'est de ces valeurs corrigées que l'on devra faire usage dans les calculs qui seront exposés plus loin.

Outre ce cas de mouvement accéléré, il peut se produire un mouvement uniforme et même un mouvement retardé. Cette circonstance s'explique facilement, sans cesser d'admettre que le frottement est une force constante. En effet, si le traîneau a été mis en mouvement par l'action simultanée des caisses M et de la caisse K, lorsque les caisses M sont arrêtées, la tension de la corde, due au poids de la caisse K, est la seule qui agisse sur le traîneau, et si cette tension est égale au frottement, le traîneau continuera à se mouvoir uniformément. Néanmoins, le rapport du frottement à la pression, que donnent les expériences où le mouvement est uniforme, est le même que celui déduit des cas où le mouvement est accéléré.

Le mouvement retardé sera produit lorsque la tension de la corde, due à la charge de la caisse K, sera moindre que le frottement; dans ce cas, à partir de l'instant où les petites caisses cesseront d'agir, le mouvement sera retardé.

Le dynamomètre et le mécanisme d'horlogerie, employés dans l'appareil ci-dessus, offrent deux moyens d'observation qui sont plus que suffisans pour déterminer toutes les circonstances du mouvement, et qui se servent l'un à l'autre de vérification. Mais il faut remarquer que l'on avait limité à 95 kilom. les efforts que l'on voulait faire supporter au ressort, il aurait donc fallu construire un nouveau ressort capable de supporter de plus grandes charges; mais la forme parabolique des courbes du mouvement ayant montré que le frottement restait constant, l'emploi du dynamomètre a cessé d'être indispensable. Cette simplification de l'appareil a toutefois nécessité des expériences spéciales sur le frottement de l'axe de la poulie, et sur la raideur de la corde tressée : en effet, à l'aide des courbes de tension on pouvait obtenir, à chaque instant, l'effort exercé sur le traîneau sans avoir à s'occuper des résistances passives; mais, dans les expériences où l'on ne pouvait s'en servir, il fallait une règle sûre pour trouver la tension de la corde sous l'action d'un poids connu de la caisse K. On a donc fait des expériences directes pour évaluer ces deux résistances passives.

L'axe de la poulie est en fer et repose sur des coussinets en sorbier. On a imprégné ce bois d'un mélange de 5 parties de saindoux et de 1 partie de plombagine; mais, après que l'axe avait tourné plusieurs fois, on essuyait l'enduit pour éviter toute complication étrangère due au plus ou moins de fluidité que l'enduit peut acquérir par suite de la continuité du mouvement.

Pour déterminer à part le frottement de l'axe sur ses coussinets, on a remplacé la corde par un

ruban de fil blanc très-mince, de $0^m,04$ de large : ce ruban passait sur la gorge de la poulie, qui avait $0^m,041$: il pouvait supporter 50 kilog. sans rompre. Deux caisses octogonales en chêne, longues de 1 mètre, et dont le cercle inscrit avait $0^m,065$ de rayon, pesant chacune $3^k,188$, étaient suspendues de part et d'autre à ce ruban qui, se prolongeant en dessous, se fermait comme une corde sans fin, pour éviter tout accroissement de charge d'un des côtés pendant le mouvement. Ce ruban entier avait $10^m,20$ de développement, et pesait $0^k,099$, de sorte que la pression constante exercée sur l'axe par le ruban et les caisses était

$$2 \times 3^k,188 + 0^k,099 = 6^k,475$$

La poulie, son axe et son disque en cuivre, pèsent $6^k,854$. La pression totale constante, due à l'appareil lui-même, est donc $13^k,329$.

Au moyen de boulets de 12, exactement pesés, on chargeait chacune des caisses de poids égaux, dont la somme donnait la charge variable, puis dans l'une d'elles on ajoutait le poids moteur.

Cela fait, et le style étant approché du disque, on laissait les caisses partir librement et la courbe du mouvement fournissait, pour la recherche des résultats, les données nécessaires.

Il est facile d'établir les équations de ce système, en tenant compte du frottement de l'axe et faisant abstraction de la raideur, évidemment négligeable, du ruban de fil;

Soit P le poids de la caisse descendante;

p celui de la caisse montante ;

r le rayon intérieur de la poulie, $= 0^m,1042$;

ω la vitesse angulaire à un instant quelconque du mouvement ;

dm un élément de la masse de la poulie ou des parties qui tournent avec elles;

$g = 9^m,8088$;

e le chemin parcouru à un instant quelconque par les caisses et la circonférence de la poulie, à partir de l'origine du mouvement;

ρ le rayon de l'axe de la poulie, $= 0^m,0093$;

F le frottement de cet axe sur ses coussinets.

A un instant quelconque du mouvement, la force vive est

$$\omega^2 \left\{ \Sigma R^2 dm + \frac{P+p}{g} r^2 \right\}$$

en appelant R la distance à l'axe d'une particule de la poulie.

Le travail moteur est égal à P*e*. Quant au travail résistant, il se compose de deux parties, de *pe*, dû au poids montant, et du travail dû au frottement : or, dans l'élément du temps, ce travail résistant est

$$F \frac{\rho}{r} de,$$

et, au bout du temps *t*, il a pour valeur

$$\frac{\rho}{r} \int F\, de$$

Quant à la résistance de l'air, on peut la négliger : d'après cela, l'équation du mouvement est

$$\omega^2 \left\{ \Sigma R^2\, dm + \frac{P+p}{g} r^2 \right\} = 2\,(P-p)\, e - 2\frac{\rho}{r} \int F\, de,$$

ou, en différentiant,

$$\omega\, d\omega \left(\Sigma R^2\, dm + \frac{P+p}{g} r^2 \right) = (P-p)\, de - \frac{\rho}{r} F\, de$$

et, à cause de,

$$r\omega = \frac{de}{dt}$$

elle devient

$$\frac{d\omega}{dt}\left(\Sigma R^2\, dm + \frac{P+p}{g} r^2\right) = (P-p)r - F\rho.$$

Dans cette équation, F est la quantité inconnue, et on peut l'en tirer, car $\frac{d\omega}{dt}$ est donné par l'équation de la courbe du mouvement, puisqu'on a

$$\frac{r\,d\omega}{dt} = \frac{de^2}{dt^2}$$

Or, on trouve que toutes les courbes du mouvement sont des paraboles, de sorte qu'en appelant $2c$ leur paramètre qu'on peut trouver par la construction géométrique indiquée, on a $t^2 = 2ce$, d'où l'on tire $\frac{de}{dt} = \frac{t}{c} = r\omega$, et par suite

$$\frac{r\,d\omega}{dt} = \frac{1}{c} \text{ ou } \frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{2cr}$$

L'équation qui donne la valeur de F peut donc prendre la forme

$$\frac{2}{2cr}\left(\Sigma R^2\, dm + \frac{P+p}{g} r^2\right) = (P-p)\, r - F\rho.$$

La quantité $\Sigma R^2 dm$ est la même pour toutes les expériences; on l'a trouvée égale à 0,00629; $P + p$ est donné dans chaque cas, ainsi que $P - p$; On a d'ailleurs

$$\frac{r^2}{g} = \frac{(0{,}1043)^2}{9{,}8088} = 0{,}001109 \text{ et } \rho = 0{,}^{m}0093.$$

Il est donc facile d'avoir la valeur de F.

En appelant q le poids de la poulie des caisses et du ruban, la pression sur l'axe de la poulie est

$$P+p+q-\frac{P-p}{g}r\frac{d\omega}{dt}$$

Mais, comme on peut le voir par les valeurs de $\frac{d\omega}{dt}$, données dans le tableau suivant, le dernier terme est toujours très-petit, et cette pression est sensiblement égale à $P+p+q$.

On a trouvé que le rapport $\frac{F}{P+p+q}$, qu'on peut d'après cela calculer, est, à très-peu près, constant.

TABLEAU N°. I.

Expériences sur le frottement de l'axe en fer de la poulie sur des coussinets en sorbier.

Nota. Les surfaces sont onctueuses ; elles ont été frottées d'un enduit de 5 parties de saindoux et de 1 de plombagine que l'on a essuyé.

Numéros des expériences.	Paramètre de la parabole 2c.	Valeur de $\frac{d\omega}{dt}=\frac{2}{2cr}$.	Charge des caisses.		Pression constante sur l'axe.	Pression totale.	Frottement.	Rapport du frottement à la pression.	OBSERVATIONS.
			Variable.	Poids moteur.					
	m.		k.	k.		k.	k.		
1	7,870	2,289	12,00	1,0	13,329	26,329	4,301	0,163	
2	3,184	5,657	12,00	2,0	*Id.*	27,329	4,806	0,170	On a mesuré le
3	»	»	24,10	0,55	*Id.*	37,979	6,168	0,162	frott. au dép.
4	16,378	1,100	24,10	1,0	*Id.*	38,329	6,365	0,166	
5	5,100	3,532	24,10	2,0	*Id.*	39,429	6,322	0,160	Mouvement
6	»	»	48,40	0,9	*Id.*	62,629	10,092	0,161	très-lent.
7	11,380	1,583	48,40	2,0	*Id.*	63,729	10,688	0,167	Mouvement
8	»	»	60,68	1,1	*Id.*	75,109	12,336	0,164	très-lent.
9	15,296	1,178	60,68	2,0	*Id.*	76,009	12,020	0,158	
10	25,535	0,734	72,84	2,0	*Id.*	88,169	14,752	0,167	
					Moyenne.			0,164	

Deux des experiences ont été faites avec un mouvement très-lent, et la multiplicité des courbes tracées sur le disque n'a pas permis de les relever.

Il résulte de ces expériences que le frottement de l'axe de la poulie sur ses coussinets est,

1°. Indépendant de la vitesse;

2° Proportionnel à la pression dans le rapport de 0,164 à l'unité.

Passons actuellement à la détermination de la raideur de la corde. Pour y arriver, on a remplacé le ruban par la tresse elle-même, dont on a réuni les extrémités, de manière à en former une corde sans fin.

La tresse, longue de $12^m,45$, pèse. .	$3^k,738$
Les deux caisses qui y sont suspendues.	$6^k,376$
La poulie, son axe et son disque. . .	$6^k,854$
Charge constante sur l'axe.	$16^k,968$

Soient

R la raideur cherchée de la corde, considérée comme une résistance appliquée au rayon moyen de la poulie et opposée au mouvement;

N la pression sur l'axe, connue dans chaque cas;

$F = 0,164$ le rapport du frottement de l'axe à la pression N;

δ le poids du mètre courant de la corde, $= 0^k,335$;

$L = 12^m,20$, sa longueur.

Dans les applications, il faut augmenter le rayon de la poulie de la moitié de l'épaisseur de la tresse, ce qui porte r à $0^m,111$.

L'équation du mouvement s'obtiendra de même que ci-dessus, mais en tenant compte de la masse

de la corde, qui est assez grande pour qu'on ne puisse la négliger. Cette équation est

$$\frac{d\omega}{dt}\left(\Sigma\, r'^2\, dm + \frac{P+p+\delta L}{g}\, r^2\right) = (P-p)\, r - Rr - F\rho \; (1).$$

Et on en déduira la valeur de la raideur R cherchée, et son rapport à la tension du brin montant de la corde.

On a négligé ici ce que Coulomb a appelé la raideur naturelle, la tresse étant assez flexible pour qu'on pût faire abstraction de cette résistance, vu la grandeur des charges.

Le tableau suivant donne les résultats des expériences.

TABLEAU N°. 2.

Expériences sur la raideur de la corde tressée.

Numéros des expériences.	Paramètre de la parabole.	Valeur de $\frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{cr}$	Charge des caisses.		Pression constante sur l'axe.	Pression totale sur l'axe.	Raideur de la corde R.	Tension de la corde.	Rapport de la raideur à la tension.
			Variable.	Poids moteur.					
	m.		k.	k.	k.	k.	k.	k.	
1	11,78	1,529	48,74	3,0	16,968	68,708	0,900	29,427	0,031
2	3,45	5,221	48,74	6,0	16,968	71,708	0,899	29,427	0,031
3	14,69	1,226	73,00	4,0	16,968	93,968	1,432	41,557	0,034
4	4,42	4,076	73,00	8,0	16,968	97,968	1,243	41,557	0,030
5	»	»	97,10	3,2	16,968	107,268	1,593	53 56	0,030
6	9,73	1,851	97,10	6,0	16,968	120,068	1,864	53,56	0,036
					Moyenne.				0,032

Nota. Dans la cinquième expérience, on a calculé la raideur d'après le poids qui rompt l'équilibre.

(1) r' est la distance à l'axe d'une particule dm de la poulie ou des parties qui tournent avec elle.

Il résulte de ce tableau,

1°. Que la raideur de la corde est indépendante de la vitesse du mouvement;

2° Qu'elle est proportionnelle à la tension dans le rapport de 0,032 à l'unité.

Au moyen de ces expériences spéciales, sur le frottement de l'axe de la poulie et la raideur de la corde, il devient facile d'établir une relation entre la charge de la caisse K et la tension qu'elle communique à la partie horizontale de la corde.

Soient en effet

P la charge de la caisse descendante, y compris son poids et celui de la portion de la corde qui pend toujours, en négligeant la quantité dont elle augmente, qui ne va guère qu'à un kilogramme;

T la tension cherchée de la partie horizontale de la corde;

q le poids de la poulie, de son axe et de son disque $=6^k,854$.

On aura, à un instant quelconque du mouvement du traîneau,

$$Tr = Pr - Rr - fN\rho - \frac{d\omega}{dt}\left(\Sigma\, r'^2 dm + \frac{P}{g} r^2\right),$$

Dans cette équation, f est le rapport du frottement de l'axe sur ses coussinets à la pression; ce rapport est égal à 0,164 : d'ailleurs on a

$$R = 0{,}032\,T \text{ et } N = \sqrt{\left(P + q - \frac{P}{g}\,\frac{r\,d\omega}{dt}\right)^2 + T^2},$$

car N est la résultante de la tension T et de la pression totale sur l'axe, lesquelles sont à angle droit.

Or, d'après un théorême connu, si a est plus grand que b,

$\sqrt{a^2 + b^2}$ est égal à $0{,}96\,a + 0{,}4\,b$, à $\frac{1}{25}$ près,

comme $P + q - \frac{P}{g}\frac{r\,d\omega}{dt}$ est toujours plus grand que T, on aura, à $\frac{1}{25}$ près

$$N = 0,96\left(P + q - \frac{P}{g}\frac{r\,d\omega}{dt}\right) + 0,4\,T$$

En substituant à R et à N leurs valeurs, l'équation devient

$$T\left(1 + 0,032 + 0,4f\frac{\rho}{r}\right) = P\left(1 - 0,96f\frac{\rho}{r}\right) - 0,96f\frac{\rho}{r}q$$
$$- \frac{P}{g}\frac{r\,d\omega}{dt}\left(1 - 0,96f\frac{\rho}{r}\right) - \frac{\Sigma r'^2\,dm}{r^2}\frac{r\,d\omega}{dt}$$

On sait d'ailleurs que

$f = 0,164$, $\rho = 0^{m},0093$, $r = 0^{m}.111$, $\Sigma r'^2\,dm = 0,00629$

d'où $\frac{\Sigma r'^2\,dm}{r^2} = 0,51$.

Tous calculs faits, on trouve

$$T = 0,95\left\{P - \left(0,516 + \frac{P}{g}\right)\frac{2}{2c}\right\} - 0^{k},086$$

Au moyen de cette relation et des courbes du mouvement, qui donnent la valeur de $2c$, on voit que dans chaque cas on aura celle de la tension T.

Dans le cas où le mouvement est uniforme,

$$\frac{r\,d\omega}{dt} = \frac{2}{2c} = 0$$

alors la formule qui donne la tension avant le départ, se réduit à

$$T = 0,95\,P - 0^{k},\ 86,$$

ou simplement à

$$T = 0,95\ P,$$

à cause de la petitesse du dernier terme par rapport au premier.

Or, en relevant directement, d'après les courbes des tensions, les valeurs de T, relatives à plus de quarante expériences, on trouve qu'elles sont proportionnelles aux flexions du ressort, et qu'elles sont les 0,96 de ce qu'elles seraient s'il n'y avait pas de résistances dues à la raideur de la corde et au frottement sur l'axe : dans ce cas, les tensions seraient égales aux charges de la caisse. Ainsi, les résultats de la formule sont tout-à-fait d'accord avec ceux du calcul.

On peut donc maintenant regarder, comme connue dans chaque cas, la tension de la corde donnée par la formule

$$T = 0{,}95 \left\{ P - \left(0{,}516 + \frac{P}{g}\right) \frac{2}{2c} \right\} - 0^{k}{,}086$$

et il ne reste plus qu'à établir une relation entre cet effort et le frottement.

Soient

T la tension connue;

F le frottement des bandes en expérience sur les semelles;

e le chemin parcouru, à un instant quelconque, par le traîneau;

ω la vitesse angulaire de la poulie au même instant;

Q le poids total du traîneau et de la charge,

$r = 0^{m}{,}111$ le rayon extérieur de la poulie.

L'examen direct et le relevé des courbes des efforts, ainsi que l'équation précédente qui détermine la valeur de T, montrent que cette tension est constante; le travail total de T, depuis l'origine du mouvement sera donc Te.

Le travail élémentaire, dû au frottement, sera Fde, et le travail total, depuis l'origine du mouvent, sera

$$\int F\,de,$$

à prendre depuis $e=0$ jusqu'à la valeur de e, correspondante au temps t.

La force vive du traîneau sera, au bout de ce temps t,

$$\frac{Q}{g}\omega^2 r^2,$$

et on aura, d'après le principe des forces vives,

$$\frac{Q}{g}\omega^2 r^2 = 2\,T\,e - 2\int F\,de,$$

ou, en différentiant et observant que

$$r\omega = \frac{de}{dt}$$

$$\frac{Q}{g}\,\frac{r\,d\omega}{dt} = T - F$$

d'où

$$F = T - \frac{Q}{g}\,r\,\frac{d\omega}{dt}$$

et, en substituant à T sa valeur,

$$T = 0{,}95\left\{P - \left(0{,}516 + \frac{P}{g}\right)\frac{r\,d\omega}{dt}\right\} - 0^k{,}086,$$

$$F = 0{,}95\,P - \left\{\left(0{,}516 + \frac{Q}{g}\right)0{,}95 + \frac{Q}{g}\right\}\frac{r\,d\omega}{dt} - 0^k{,}086$$

expression dans laquelle tout est constant, puisque les courbes du mouvement donnent toutes

$$t^2 = 2\,c\,e, \text{ d'où } \frac{d^2e}{dt^2} = \frac{r\,d\omega}{dt} = \frac{2}{2c}$$

et qui fournira par conséquent une valeur constante de F pour chaque expérience.

Lorsque le mouvement est uniforme, on a

$$\frac{r\,d\omega}{dt} = 0,$$

et par suite

$$F = T = 0{,}95\,P,$$

ce qui donne immédiatement la valeur du frottement.

Lorsqu'on a fait agir les caisses M ou le levier en même temps que la caisse K, pour faire mouvoir le traîneau, il peut arriver que le mouvement, d'abord accéléré, se retarde dès que les caisses M cessent d'agir; mais l'équation

$$F = T - \frac{Q}{g}\,\frac{r\,d\omega}{dt}$$

s'applique à tous les instans de la course du traîneau, depuis celui où les petites caisses ou le levier ont cessé d'agir, et permet de calculer le frottement sans avoir à s'occuper de ce qui se passe dans la portion, ordinairement très-courte, où l'action des caisses ou celle du levier concourt avec celle du poids P.

D'ailleurs, M. Morin a cessé d'employer les petites caisses, parce qu'il a reconnu qu'une légère vibration déterminait le départ du traîneau, de sorte qu'il est inutile d'entrer dans le détail des calculs relatifs aux deux périodes du mouvement que M. Morin a données dans son mémoire.

Ces formules établies, voici comment on procède à leur application numérique.

Choisissons, pour exemple, l'expérience 2e. du 3e. tableau, où le chêne frottait sans enduit sur du chêne, les fibres étant parallèles au sens du mouvement.

Le départ du traîneau a été déterminé par l'action simultanée du levier coudé ced, et de la caisse descendante. Voici les données de ce calcul :

On a

$$P = 92^k,22\,;\; Q = 133^k,86.$$

Le tracé de la courbe a donné, pour son paramètre,

$$2c = 2^m,08, \text{ d'où } \frac{r\,d\omega}{dt} = \frac{2}{2c} = 0,961\,;$$

Par suite

$$T = 0,95 \left\{ P - \left(0,516 + \frac{P}{g}\right)\frac{2}{2c} \right\} - 0^k,086$$

donne

$$T = 78^k,45.$$

L'autre formule,

$$F = T - \frac{Q}{g}\,\frac{r\,d\omega}{dt},$$

donne

$$F = 65^k,34.$$

Le rapport du frottement à la pression, dans cette expérience, est donc

$$\frac{F}{Q} = \frac{65,34}{133,86} = 0,488.$$

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES SUR LE FROTTEMENT.

Frottement du chêne sur le chêne sans enduit, les fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Le bois de chêne, employé dans les expériences dont le tableau III offre les résultats, est du chêne de Lorraine, de montagne, n'ayant que peu de nœuds et point de gerçures, un peu tendre et gros, de plusieurs années de coupe, débité en madrier depuis plus de 4 ans. Le mètre cube pèse 712 kilogrammes.

TABLEAU

Expériences sur le frottement du chêne en

Les fibres du bois sont parallèles

Numéros des expériences.	Étendue de la surface de contact.	Pression Q.	Poids moteur pendant le mouvement. P.	Tension de la corde pendant le mouvement.	Paramètre 2c.	Force accélératrice $\frac{rdv}{dt} = \frac{2}{2c}$.
	m. c.	k.	k.	k.	m.	
1	0,26	133,86	67,37	64,00	»	»
2	*Id.*	133,86	92,22	78,45	2,08	0,961
3	*Id.*	151,21	77,55	73,67	»	»
4	*Id.*	440,01	228,66	217,13	»	»
5	*Id.*	440,01	276,59	243,32	2,79	0,710
6	*Id.*	679,73	421,78	371,43	2,83	0,706
7	*Id.*	1039,03	577,51	528,19	5,54	0,361
8	*Id.*	1039,03	505,51	480,23	»	»
					Moyenne partielle. .	
9	0,088	46,29	29,45	24,56	6,28	0,318
10	*Id.*	49,21	25,66	24,38	»	»
11	*Id.*	54,66	28,52	27,09	»	»
12	*Id.*	54,66	44,61	34,66	1,26	1,587
13	*Id.*	102,84	84,71	69,18	1,55	1,290
14	*Id.*	103,21	60,14	53,40	3,46	0,578
15	*Id.*	150,88	73,78	70,09	»	»
16	*Id.*	199,52	95,84	91,04	»	»
17	*Id.*	199,61	95,42	90,65	»	»
					Moyenne partielle. .	
18	0,0031	97,79	49,25	46,79	»	»
19	*Id.*	145,76	79,57	70,16	3,06	0,653
20	*Id.*	273,89	212,56	176,58	1,66	1,200
	Id.					
					Moyenne partielle. .	
					Moyenne générale. .	

N°. III.

mouvement avec du chêne sans enduit.
au sens du mouvement.

Frottement F.	Rapport du frottement à la pression $\frac{F}{P}$	Vitesses du mouvement.		OBSERVATIONS.
		Uniforme.	Accéléré à 3 mèt. de course.	
k.		m.	m.	
64,00	0,477	0,69	»	Mouvement uniforme.
65,34	0,488	»	2,37	
73,67	0,487	»	»	Mouvement uniforme.
217,23	0,403	0,41	»	*Id.*
211,48	0,480	»	2,05	
321,52	0,472	»	2,04	Mouvement uniforme. Les semelles sont noircies en certains endroits avec odeur de bois brûlé.
489,96	0,471	»	1,92	
480,23	0,460	1,07	»	
......	0,478	»	»	
23,06	0,498	»	1,37	
24,38	0,496	1,28	»	Mouvement uniforme.
27,09	0,495	1,50	»	*Id.*
25,82	0,472	»	3,07	
50,05	0,486	»	2,72	
47,32	0,460	»	1,86	
70,09	0,464	1,25	»	Mouvement uniforme.
91,04	0,456	0,61	»	*Id.*
97,65	0,454	0,85	»	*Id.*
......	0,476	»	»	
46,79	0,477	1,06	»	Mouvement uniforme.
60,46	0,483	»	1,81	
133,08	0,484	»	2,7	
......	0,481			
......	0,478			

On peut conclure des expériences rapportées dans le tableau précédent :

1°. Que le frottement du chêne, en mouvement sur du chêne sans enduit, fibres parallèles au sens du mouvement, est constant et proportionnel à la pression ;

2°. Qu'il est indépendant de la vitesse ;

3°. Qu'il est indépendant de l'étendue de la surface de contact.

Ainsi se trouvent vérifiées, pour ce cas, les lois que Coulomb n'avait données que comme des approximations. Quant à la valeur moyenne du rapport du frottement à la pression, elle est égale à

0,478 ou 0,48.

Cette valeur ne diffère que de $\frac{1}{14}$ au plus des résultats qui s'en éloignent le plus. En outre, ce rapport est le même dans les mouvemens uniformes et accélérés.

Si on compare ces résultats avec ceux des expériences de Coulomb, on trouve de très-grandes différences ; en effet, la surface du contact restant la même et égale à $0^{m.c.}$,30, et la pression variant de 37 kil. à 1200 kil., il a trouvé que la valeur du rapport du frottement à la pression varie de

0,102 à 0,179,

c'est-à-dire à peu près du simple au double.

Dans d'autres expériences, où il a fait varier la surface, depuis la plus petite dimension, jusqu'à $0^{m.c.}$,30, le rapport a varié depuis

0,069 jusqu'à 0,177,

c'est-à-dire à peu près du simple au triple.

L'accord des résultats de M. Morin ne peut laisser aucun doute sur leur exactitude ; d'ailleurs,

l'examen des expériences, où le mouvement, produit d'abord par le concours simultané des petites caisses M et de la caisse K, s'est ensuite retardé sous l'action de la seule caisse K, a constamment montré que ce retard avait lieu toutes les fois que l'effort exercé sur le traîneau était moindre que les 0,48 de la pression : il faut donc admettre que les résultats de Coulomb sont erronés.

Quelques circonstances particulières qui se sont présentées dans les expériences de M. Morin, lui ont fait découvrir la cause probable de l'erreur de Coulomb. En effet, Coulomb dit être parvenu, non-seulement à conserver le poli de surfaces frottantes de deux corps sans enduit, mais même à l'augmenter par le frottement, tandis que M. Morin n'a jamais pu obtenir ce résultat dans ses essais; au contraire, les bandes frottantes se recouvraient de grains noirâtres analogues à de la sciure de bois, lesquels traçaient sur ces bandes des sillons de $0^m,001$ à $0^m,002$ de profondeur.

Cependant, dans les premières expériences qu'il fit pour déterminer le frottement du fer sur le bois, il se servit de semelles en chêne sur lesquelles il avait fait frotter primitivement des bandes de cuir; dans ce cas, le poli des surfaces fut conservé, et il trouva, comme Coulomb, que le frottement était les 0,08 de la pression. Quelques jours plus tard, il reprit la même expérience; mais dans l'intervalle on avait gratté les surfaces, la couche onctueuse, que le cuir avait laissé, avait disparu, et le frottement se trouva égal à 0,60 environ de la pression. En même temps le poli des surfaces était altéré, et elles se recouvraient de grains noirâtres. On voit par-là combien la

plus légère couche d'enduit peut influer sur les résultats, et dès lors, pour expliquer la différence que présentent ceux de M. Morin et ceux de Coulomb, il suffit d'admettre que les ouvriers, que ce dernier employait, auront obtenu le poli des surfaces en les nettoyant avec des corps légèrement gras.

Dans le cas où l'effort exercé sur le traîneau est moindre que 0,48 de la pression, le mouvement est, comme nous l'avons dit, retardé ou même arrêté. Ces expériences, qui ne sont pas d'un usage commode pour déterminer le frottement, peuvent cependant servir de vérification aux résultats déduits des autres expériences.

En admettant, en effet, les lois déduites des autres cas, on voit facilement que si l'on appelle

T la tension de la corde produite par le poids P de la caisse K;

T' celle due au poids P' des caisses M;

e le chemin total parcouru par le traîneau et le poids T;

e' le chemin parcouru par le traîneau, pendant que P' agit, ou la hauteur dont les petites caisses sont descendues;

F le frottement, regardé comme constant.

Le travail de l'inertie, depuis le départ jusqu'au moment où le traîneau s'est arrêté, étant nul, on a

$$Te = 0{,}95\,Pe \text{ et } T'e' = 0{,}95\,P'e',$$

et par suite

$$Fe = Te + T'e'.$$

Il est facile de relever, sur le plateau, le chemin e parcouru par le traîneau; par une mesure directe, on obtient e': on peut donc calculer F.

Le tableau suivant offre les résultats de ce calcul.

TABLEAU N°. IV.

Expériences sur le frottement du chêne en mouvement sur du chêne sans enduit, et dans lesquelles le mouvement a été retardé, ou même arrêté.

Les fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Numéros des expériences.	Étendue de la surface frottante.	Pression Q.	Poids moteur		Tension de la corde		Chemin parcouru par		Frottement F.	Rapport du frottement à la pression.
			Au départ P'.	Pendant le mouvement, P.	Due à P' ou T'.	Due à P ou T.	Les petites caisses e'.	Le traîneau e.		
	m.c.	k.	k.	k.	k.	k.	m.	m.	k.	
1	0,088	49,11	34,18	20,47	32,47	19,44	0,183	1,68	22,97	0,47
2	*Id.*	49,11	34,18	21,47	32,47	20,39	0,175	2,00	22,55	0,46
3	*Id.*	101,88	33,98	43,89	32,28	41,69	0,107	0,848	45,76	0,45
4	*Id.*	101,88	33,98	44,89	32,28	42,64	0,100	2,238	44,04	0,43
5	*Id.*	101,88	46,20	42,87	43,89	40,73	0,075	1,112	43,76	0,43
									Moyenne. .	0,45

La valeur moyenne du rapport est un peu plus faible que celle qu'on tire des autres expériences. M. Morin attribue cette différence au peu de précision employée dans la mesure de la hauteur e' des petites caisses au-dessus de la traverse qui les arrête, hauteur dont la détermination est inutile pour le calcul de la plupart des expériences.

Quoi qu'il en soit, on voit que dans les trois cas du mouvement accéléré, uniforme ou retardé le frottement du chêne sur le chêne, sans enduit, et fibres parallèles, suit les lois énoncées précédemment.

TABLEAU N°. V.

Expériences sur le frottement du chêne sur le chêne, sans enduit, fibres parallèles, après un contact prolongé.

Numéros des expériences.	Étendue de la surface en contact.	Pression.	Charge de la caisse descendante.	Tension de la corde.	Effort exercé par le levier.	Effort total qui produit le départ, ou frottement au départ.	Rapport du frottement à la pression.	OBSERVATIONS.
	m. c.	k.	k.	k.	k.	k.		
1	0,26	133,86	»	»	74,34	74,34	0,55	Dans toutes ces expériences la durée du contact a dépassé 15′.
2	0,26	205,67	92,22	87,61	74,34	161,95	0,79	
3	0,26	440,01	121,25	115,18	218,29	333,47	0,76	
4	0,26	1039,03	421,78	400,69	290,97	691,66	0,66	
5	0,088	46,29	29,45	27,98	»	27,98	0,60	
6	0,088	151,21	107,58	102,20	»	102,20	0,67	
7	0,0031	97,79	»	»	53,64	53,64	0,55	
8	0,0031	145,76	»	»	79,76	79,76	0,55	
9	0,0031	194,24	»	»	127,48	127,48	0,65	
0	0,0031	273,89	»	»	150,23	150,23	0,55	

Ces résultats montrent que l'effort nécessaire pour détacher les surfaces en contact est loin d'être dans un rapport constant avec la pression, et que ses variations ne paraissent pas en rapport avec l'étendue de la surface. La valeur moyenne de ce rapport serait environ 0,60 à 0,65, tandisque Coulomb l'a prise égale à 0,44.

Il semble donc naturel de croire que la résistance que l'on éprouve à faire glisser deux surfaces de chêne l'une sur l'autre lorsqu'elles ont été quelque temps en contact, tient à une cause particulière dépendante non-seulement de la structure des corps, mais encore de la manière acci-

dentelle dont les surfaces ont été superposées; tel serait, par exemple, un engrènement réciproque des fibres dures dans les fibres tendres. On conçoit en effet, dans cette hypothèse, qu'il faut un certain temps pour rendre cet engrenage complet, et que si les surfaces sont par hasard posées l'une sur l'autre de manière qu'un grand nombre de fibres dures correspondent à d'autres fibres dures, l'engrènement sera beaucoup moins parfait et la résistance moindre.

TABLEAU N°. VI.

Expériences sur le frottement du chêne en mouvement sur du chêne sans enduit : les fibres des bandes frottantes sont perpendiculaires au sens du mouvement et aux fibres des semelles.

Numéros des expériences.	Étendue de la surface en contact.	Pression Q.	Poids moteur pendant le mouvement, P.	Tension de la corde pendant le mouvement, T.	Paramètre x.	Force accélératrice $\frac{rdu}{dt} = \frac{2}{x}$	Frottement.	Rapport du frottement à la pression.	Vitesse du mouvem. Uniforme.	Vitesse du mouvem. Accéléré à 3 mèt. de course	OBSERVATIONS.
	m. c.	k.	k.	k.	m.		k.		m.	m.	
1	0,088	54,66	49,25	33,14	0,774	2,58	33,14	0,34	»	3,93	
2	*Id.*	128 09	49,25	44,96	5,48	0,364	40,21	0,31	»	1,48	
3	*Id.*	175,83	73,44	66,42	4,84	0,413	59,02	0,33	»	1,57	
4	*Id.*	224,44	85,31	78,73	7,84	0,255	72,90	0,32	»	1,23	
5	*Id.*	224,44	97,32	86,42	3,32	0,600	72,69	0,32	»	1,90	
6	*Id.*	424,98	133,45	126,77	»	»	126,77	0,30	»	»	Mouvement uniforme.
7	*Id.*	424,98	199,33	173,72	2,52	0,793	139,37	0,30	»	1,56	
8	*Id.*	904,67	354,73	315,64	3,26	0,613	259,11	0,29	»	1,91	
9	*Id.*	904,67	402,61	356,01	2,93	0,682	293,13	0,32	»	1,51	
						Moyenne. . .		0,324			
10	0,0040	182,72	73,26	69,60	»	»	69,60	0,38	1,33	»	Mouvement uniforme.
11	*Id.*	416,26	204,54	185,15	4,47	0,447	166,12	0,39	»	1,64	
12	*Id.*	662,48	407,08	347,66	2,68	0,746	297,29	0,44	»	2,11	
13	*Id.*	176,54	97,27	91,81	»	»	91,81	0,52	1,00	»	Mouvement uniforme.
14	*Id.*	176,54	145,05	122,74	1,94	1,03	104,21	0,59			

On voit par ce tableau que le frottement est proportionnel à la pression, dans le rapport constant de 0,324 à l'unité, au lieu de 0,10 que Coulomb a déduit de ses expériences ; toutefois les expériences faites sur la surface de 0$^{m.c.}$,0040, présentent des différences assez grandes ; mais on a observé que, dans ces expériences, il y a eu altération du tissu du bois, et par suite une augmentation de frottement qui tient à ce que la pression était trop forte pour l'étendue de la surface.

Pour déterminer la loi du frottement au moment de la séparation des surfaces qui ont été quelque temps en contact, M. Morin a fait quelques expériences consignées dans le tableau suivant.

TABLEAU N°. VII.

Expériences sur le frottement du chêne sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bandes sont perpendiculaires à celles des semelles.

Numéros des expériences.	Étendue de la surface de contact.	Pression.	Charge de la caisse descendante, P.	Tension de la corde, T.	Effort exercé par le levier.	Effort total qui produit le départ ou frottement au départ.	Rapport du frottement à la pression.	OBSERVATIONS.
	m. c.	k.	k.	k.	k.	k.		
1	0,088	54,66	»	»	30,45	30,45	0,55	Dans toutes ces expériences la durée du contact a dépassé 5′
2	*Id.*	128,09	»	»	68,12	68,12	0,53	
3	*Id.*	224,44	»	»	114,42	114,42	0,51	
4	*Id.*	904,67	354,73	336,99	194,01	531,00	0,58	
5	*Id.*	1145,63	402,61	382,48	201,15	583,63	0,51	
6	0,0040	176,54	97,27	92,41	»	92,41	0,52	
7	*Id.*	182,72	»	»	96,33	96,33	0,53	
8	*Id.*	662,48	407,98	387,58	»	387,58	0,52	
						Moyenne. . . .	0,54	

On trouve ici plus d'accord dans les résultats que dans les expériences analogues, pour le cas où les fibres étaient parallèles, ce qui paraît assez naturel. La valeur du rapport du frottement à la pression est égale à 0,54, c'est-à-dire double de celle que Coulomb avait trouvée.

On voit d'ailleurs que l'étendue des surfaces ne paraît pas avoir d'influence sur cette valeur; on peut donc admettre que, dans ce cas, le frottement est proportionnel à la pression, et indépendant des surfaces.

L'accord que l'on observe dans les expériences précédemment détaillées se retrouve dans toutes celles de M. Morin : c'est pourquoi nous nous bornerons à mentionner les matières sur lesquelles il a opéré, en donnant les résultats qui y sont relatifs.

Frottement de l'orme sur le chêne sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Le bois d'orme employé dans ces expériences est de l'orme de Lorraine, d'un grain doux et uni, pesant 686 kilog. le mètre cube. Les pièces ou semelles de chêne sur lesquelles il glissait sont les mêmes qui ont servi précédemment.

Les expériences ont donné pour le rapport du frottement à la pression une valeur moyenne de 0,432.

Frottement de l'orme sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bandes sont parallèles à celles des semelles.

Dans toutes les expériences sur ce frottement,

la durée du contact a été au moins de 15′; elles ont donné pour le rapport du frottement à la pression la valeur moyenne de 0,69.

Dans le cours de ses expériences, M. Morin a remarqué que lorsque le traîneau était sollicité par un effort capable de vaincre le frottement pendant le mouvement, un léger ébranlement donné à l'appareil suffisait pour déterminer le départ. Pour avoir en quelque sorte la mesure des vibrations qui occasionent la séparation des surfaces, il les a produites en laissant tomber un certain poids d'une hauteur déterminée sur les gîtes. Or, en plaçant un verre d'eau au milieu de la portion des gîtes qui supportait la charge, il a remarqué que le choc capable de produire le départ n'occasionait que des oscillations très-faibles, et de courte durée, dans le niveau de l'eau; d'où il résulte que la plus légère vibration suffit pour faire partir le traîneau.

De quelques expériences que M. Morin a faites sur cette partie des effets du frottement, il paraît résulter qu'à surfaces égales, et peut-être même à surfaces différentes, la quantité d'action à imprimer au corps choquant qui détermine la vibration, est à peu près proportionnelle à la pression. M. Morin ne donne, toutefois, cette induction que comme un aperçu qui devra être éclairci par une étude spéciale de cet ordre d'effets.

Frottement de l'orme en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres de l'orme sont perpendiculaires à celles du chêne et au sens du mouvement.

La moyenne des expériences a donné pour le rapport du mouvement la pression 0,45.

Frottement de l'orme sur le chêne lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact, sans enduit.

Les fibres de l'orme sont perpendiculaires à celles du chêne.

La durée du contact a dépassé 15′.

Rapport du frottement à la pression, 0,57.

Frottement du frêne en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,40.

Frottement du frêne sur le chêne lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Dans quelques-unes des expériences on a été obligé de déterminer le départ par un léger ébranlement; aussi a-t-on pris, pour moyenne du rapport du frottement à la pression, la moyenne des résultats des expériences où cela n'a pas été nécessaire. Ce rapport moyen est de 0,57.

Frottement du sapin en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,355.

Frottement du sapin sur le chêne lorsque les

surfaces ont été quelque temps en contact sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,52.

Frottement du hêtre en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,36.

Frottement du hêtre sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,53.

Frottement du poirier sauvage en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,37.

Frottement du poirier sauvage sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,44.

Frottement du sorbier en mouvement sur du chêne sans enduit.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,40.

Frottement du sorbier sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,57.

Frottement du fer en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres du fer et celles du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,619.

Dans les expériences, on a remarqué que le poli du fer s'est altéré, et que la surface des bords s'est chargée de grains noirâtres d'aperçu métallique.

Il résulte de ces expériences que les lois trouvées précédemment sont encore celles du frottement dans le cas actuel; Coulomb avait, au contraire, été conduit à admettre que le frottement diminuait lorsque les vitesses augmentaient.

Dans ces mêmes expériences M. Morin a trouvé que dès que la charge de la caisse descendante était suffisante pour vaincre le frottement du traîneau pendant le mouvement, il partait librement, sans qu'il fût nécessaire d'employer l'action du levier, ou même de donner un léger ébranlement au système. Cela résulte probablement de ce que, par suite de la différence du tissu du fer et du bois, ces deux corps n'engrènent pas, comme cela a lieu pour les bois superposés.

Il est à remarquer que le frottement du fer sur le chêne est plus grand que celui du chêne sur le chêne. Ces résultats et quelques autres analogues prouvent qu'il n'est pas exact de dire d'une manière absolue que le frottement est moindre entre

des corps de substances différentes, qu'entre des corps de même nature.

Frottement du cuivre jaune en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,619.

Le métal s'est aussi chargé de grains noirâtres en petit nombre : le bois se couvre d'une teinte cuivreuse d'un assez beau poli apparent.

Le résultat précédent montre encore que le frottement du cuivre sur le chêne est plus grand que celui du chêne sur le chêne.

Le frottement, après un contact prolongé, est le même que celui qui a lieu pendant le mouvement, puisque le traîneau s'est toujours détaché sous une tension égale à cette dernière résistance.

Coulomb avait donné pour la valeur du rapport 0,18, au lieu de 0,62.

Frottement du cuir noir corroyé en mouvement sur le chêne sans enduit.

Le fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Le frottement a été le même, soit que le contact eût lieu sur l'épiderme ou sur la chair du cuir. Le rapport du frottement à la pression est de 0,265.

Frottement du cuir noir corroyé sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres du chêne sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression, 0,74.

Frottement du cuir de bœuf pour semelles et garnitures de pistons, sans enduit, en mouvement, sur le chêne.

Les fibres du chêne sont parallèles au sens du mouvement.

Le rapport du frottement à la pression est :

Pour le cuir posé à plat sur le chêne. . 0,52

Pour le cuir posé de champ. 0,335

Le cuir posé à plat était brut, rude, inégal, tel qu'il sort de chez le tanneur, ce qui n'a pas empêché la loi de l'indépendance de la vitesse de se manifester; mais c'est sans doute la cause de l'excès du frottement, dans ce cas, sur les expériences où le cuir, posé de champ, était uni et dressé au rabot.

Frottement du cuir de bœuf pour semelles et garnitures de pistons, sans enduit, sur le chêne, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression

Pour le cuir posé à plat. 0,605

Idem posé de champ. 0,43

Frottement du cuir de bœuf pour semelles et garnitures de pistons, complètement mouillé d'eau, posé de champ, sur du chêne mouillé.

Les fibres du bois sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression 0,29.

Dans les expériences, immédiatement après le passage du traîneau, la couche d'eau d'environ $0^m,002$ qui recouvrait les semelles de chêne était séparée par la trace du passage du cuir; sur toute

la longueur de cette trace, ce bois paraissait sec; et il a fallu quelques minutes pour que le liquide s'y répandît de nouveau.

Frottement du cuir de bœuf pour semelles et garnitures de pistons, complétement mouillé d'eau, posé de champ, sur du chêne mouillé, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres du chêne sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression 0,79.

Frottement du chêne complétement mouillé, en mouvement sur le chêne mouillé d'eau.

Les fibres des bois sont perpendiculaires entr'elles.

Rapport du frottement à la pression 0,25.

Nota. Le bois était presque sec à l'endroit du passage du traîneau.

Frottement du chêne complétement mouillé, sur le chêne mouillé, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres des bois sont perpendiculaires au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression 0,71.

Ici, comme pour le cuir, la présence de l'eau augmente le frottement au départ, et le diminue pendant le mouvement.

Frottement du chanvre en mouvement sur le chêne sans enduit.

Les fibres du chêne et les sangles, ou cordes, sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression

Sangle de chanvre.	0,52
Natte de petites cordes.	0,32
Vieille corde de $0^m,04$ de diam.	0,52

Frottement du chanvre sur le chêne sans enduit, lorsque les surfaces ont été quelque temps en contact.

Les fibres du bois et les sangles ou cordes, sont parallèles au sens du mouvement.

Rapport du frottement à la pression.

Sangle de chanvre.	0,49
Natte de petites cordes.	0,50
Vieille corde de $0^m,04$ de diam.	0,79

En résumé toutes ces expériences confirment les lois énoncées précédemment; pour tous les corps, excepté pour le cuir noir corroyé, elles présentent l'altération du poli des surfaces; enfin celles qui sont relatives au frottement du bois et du cuir mouillés, montrent que la présence de cet enduit, tout en diminuant le frottement, ne change rien aux lois énoncées.

Ces nouvelles expériences ont donné, pour la valeur du frottement, des nombres plus forts que ceux admis par Coulomb, dont les expériences ont dû être inexactes.

Le tableau suivant offre la récapitulation des résultats moyens de toutes les expériences précédentes.

Frottement des surfaces planes.

INDICATION DES Surfaces en contact.	Disposition des fibres entr'elles.	Rapport du frottement à la pression. Lorsque le corps est en mouvem.	Lorsque les surfaces ont été quelquefois en contact.
Chêne sur chêne, à sec.	Parallèles.	0,48	0,60 à 0,65
Id. *Id.* *Id.*	Perpendicul.	0,32	0,54
Id. *Id.* mouillé.	*Id.*	0,25	0,71
Orme sur chêne, à sec.	Parallèles.	0,43	0,69
Id. *Id.* *Id.*	Perpendicul.	,45	0,57
Frêne sur chêne *Id.*	Parallèles.	0,40	0,50
Sapin sur chêne *Id.*	*Id.*	0,36	0,52
Hêtre sur chêne *Id.*	*Id.*	0,36	0,53
Poirier sauvage sur chêne *Id.*	*Id.*	0,40	0,44
Sorbier sur chêne *Id.*	*Id.*	»	0,57
Fer forgé sur chêne *Id.*	*Id.*	0,62	0,62
Cuivre jaune sur chêne *Id.*	*Id.*	0,62	0,62
Cuir noir corroyé sur chêne *Id.*	*Id.*	0,27	0,74
Cuir de bœuf pour semelles sur chêne et à plat. *Id.*	*Id.*	0,52	0,61
Id. *Id.* de champ *Id.*	*Id.*	0,34	0,43
Id. *Id.* de champ mouillé.	*Id.*	0,29	0,79
Sangle de chanvre sur chêne à sec.	*Id.*	0,52	0,64
Natte de petites cordes de chanvre sur chêne *Id.*	*Id.*	0,32	0,50
Cordes de chanvre de $0^m,04$ de diamètre sur chêne. *Id.*	*Id.*	0,52	0,80

Nota. M. Morin vient de présenter à l'Académie des sciences la suite de ses recherches, et les résultats seront publiés dans les *Annales* aussitôt après le rapport de l'Académie.

La première partie des expériences forme un vol. in-4°., et se vend chez Bachelier, quai des Augustins, n°. 45, Paris.

MÉMOIRE

Sur les travaux qui ont été exécutés, dans le département de la Meurthe, pour la recherche et l'exploitation du sel gemme.

PAR M. J. LEVALLOIS, ingénieur des Mines.

PREMIÈRE PARTIE. — VIC. (Suite) (1).

§ II. *Détail des opérations exécutées pour passer les niveaux.*

Le foncement des puits qui ont été ouverts à Vic, a donné lieu, comme on l'a vu dans le § Ier., à l'application des procédés usités aux célèbres mines d'Anzin, pour le foncement des *avaleresses* (2). C'est cette application que je me propose surtout de faire connaître dans ce paragraphe. On y retrouvera sans doute plus d'une fois ce qu'on aura pu lire déjà soit dans le bel ouvrage de M. Héron de Villefosse, soit dans le mémoire que M. Daubuisson a publié sur le *picotage*, dans le *Journal des Mines* (*T. XVIII, p.* 119 *et* 161.); mais il m'a semblé qu'on ne saurait trop reproduire sous les yeux des propriétaires et des directeurs de mines une pratique aussi féconde en bons résultats, et qui pourtant est si peu connue. Les travaux ont

(1) La première partie de ce Mémoire est insérée même volume, page 37. Le § Ier de la description de *Vic*, comprenant l'historique des travaux, commence page 45.

(2) A Anzin, les puits sont désignés sous le nom *d'avaleresses* jusqu'à ce qu'ils aient atteint la houille.

d'ailleurs été exécutés par des ouvriers que la compagnie elle-même des mines d'Anzin avait eu l'obligeance de mettre à la disposition de l'administration des mines, d'abord sous la direction de MM. les ingénieurs Clère et R. Galle, et ensuite sous la mienne.

Des niveaux en général.

Il faut entendre par *niveaux*, en terme de mines, des *sources montantes de fond* très-abondantes, qui jaillissent du sein de la terre quand on perce des puits. Ces sources sont susceptibles de se rencontrer partout où le terrain présente des couches perméables à l'eau contenue entre des couches *sensiblement* imperméables (1). D'ailleurs, dans la même localité, dans des points même très-rapprochés les uns des autres, elles ne jaillissent pas toujours du même banc, en sorte qu'elles se rencontrent à des profondeurs variables. La raison en est facile à saisir; c'est que le banc capable de donner issue aux eaux est déterminé par une circonstance qui, de sa nature, est tout accidentelle, savoir: que la très-petite superficie horizontale que le puits en intercepte, renferme des fissures ou passages quelconques communiquant avec les points d'où les eaux commencent à s'infiltrer dans le sein de la terre. L'abondance des sources est aussi très-variable, et cela en raison de la nature des obstacles que les communications souterraines, dont nous venons de parler, présentent au mouvement des eaux, ou, autrement, en raison du degré de perméabilité du terrain.

Passer un niveau, c'est traverser les couches

(1) *Voyez* l'art du fontenier sondeur, par M. l'ingénieur des mines Garnier.

aquifères, et empêcher ensuite que les eaux ne se précipitent par le trou que le puits a fait à travers la couche imperméable. Le travail du *picotage* et du *cuvelage* conduit à ce résultat; en sorte qu'un puits exécuté suivant cette méthode, est rendu complétement inaccessible aux eaux, et peut être comparé à une cuve (d'où viennent les noms de *cuvellement* et de *cuvelage*), à l'extérieur de laquelle l'eau exerce sa pression sans pouvoir s'introduire dans l'intérieur: il n'y a donc, dans ce système, que peu ou point d'épuisement à faire.

Au contraire, le boisage ordinaire des puits n'a pour but que d'empêcher l'éboulement des parois; en sorte qu'on se dispense, autant que possible, de boiser à cadres contigus. Le terrain donne-t-il de l'eau? on la laisse tomber jusqu'au fond, ou bien on la recueille dans des réservoirs latéraux placés à différentes hauteurs; mais, toujours en définitive, il faut l'épuiser. Cela ne présente pas un grand inconvénient là où les mines n'ont que peu d'eau, et où par conséquent l'épuisement n'est pas coûteux, et on conçoit que dans ce cas l'utilité du picotage et du cuvelage puisse n'être pas sentie; mais s'il s'agit de mines où les *niveaux* soient aussi abondans qu'à Vic, et surtout qu'à Anzin (1), il est impérieusement commandé d'avoir recours à cette pratique.

Toutefois, rappelons-nous en même temps ce qui a été établi dans le § Ier., savoir: que le picotage n'est d'un effet sûr qu'autant qu'il est exécuté

(1) L'affluence de l'eau au puits de la *Bleuse-borne* a été telle, qu'il a fallu y établir des machines d'épuisement capables de l'effort de 160 chevaux.

dans une couche absolument imperméable régnant sur une grande étendue de terrain, ainsi que cela se rencontre à Anzin; et qu'au contraire il peut n'offrir qu'un secours précaire et même perfide s'il est appliqué à une couche qui n'ait qu'une imperméabilité imparfaite, surtout si cette couche renferme des matières solubles comme le gypse et le sel gemme.

Des niveaux à Vic.

On a vu comment des niveaux s'étaient rencontrés à Vic dans le percement du puits Becquey et dans celui du puits Neuf. Différens par le volume et par la profondeur de laquelle ils ont surgi, ces niveaux proviennent pourtant de la même origine, puisqu'ils se terminent dans une même nappe horizontale située à 8m,5 environ au-dessous de l'embouchure du premier puits. Il y a plus, c'est que cette hauteur est encore celle à laquelle se tiennent les eaux dans le puits Villeneuve, lesquelles sont en correspondance intime avec celles du puits Becquey, tout comme celles-ci, avec les eaux du puits Neuf, ainsi que j'ai pu m'en convaincre par les nombreuses observations que j'ai faites moi-même en 1822, au moment où on travaillait à passer le niveau (1).

Mais quelles sont, dans le terrain de Vic, les couches qui donnent passage aux sources montantes de fond? quelles sont celles qui les retiennent? Malheureusement, il n'en est pas ici comme à Anzin, où le banc imperméable est invariablement déterminé de nature et de position. A Vic,

(1) Dans le même temps, une petite fontaine située sur la route de Dieuze à Nancy, à 300 mètres nord du puits Becquey, a tari pendant toute la durée de l'épuisement, et n'a recommencé à couler que lorsque le niveau a été passé.

toutes les roches sont des mélange, sen toutes sortes de proportions, d'argile et de gypse en partie anhydre; et c'est suivant l'intimité et les proportions du mélange que telle roche a plus de tenacité ou de compacité que telle autre, qu'ici elle est capable de livrer passage à l'eau, que là elle est capable de la retenir. Mais rien de régulier dans la position des unes et des autres; rien qui indique à l'avance à quelle profondeur on trouvera un banc propre à recevoir un picotage, ni même qui donne la certitude de rencontrer un pareil banc. Quoi qu'il en soit, j'ai observé en général que les roches bonnes pour les picotages étaient celles où le gypse et l'argile étaient intimement mêlés, et pour ainsi dire fondus ensemble; tandis que le gypse pur était habituellement rempli de fentes, de géodes et presque de cavernes, et que l'argile pure, ou était friable et poreuse, ou bien, quand elle avait un grain serré, était toute fissurée. Au reste, c'est ce qui explique bien l'issue différente qu'ont eus les picotages exécutés dans les deux puits.

D'où vient ce niveau? d'où les eaux commencent-elles à s'infiltrer dans la terre? C'est sur quoi il est difficile d'asseoir même des conjectures. Toutefois, prenons note de ce qui suit:

1°. Il n'y a point eu de relation reconnue entre le niveau et les sources salées du pays.

2°. Le niveau s'est montré, en général, un peu plus élevé en hiver qu'en été, et son exhaussement a été de près de trois mètres à la suite des pluies continues qui ont signalé, dans l'est de la France, la fin de l'année 1824.

3°. Le volume d'eau fourni par le niveau a augmenté, le plus souvent, pendant les premiers jours

de l'épuisement; mais il s'est bientôt réglé et n'a pas éprouvé de nouvelle augmentation tant que le creusement n'a pas ouvert de nouvelles issues.

Foncement des Avaleresses en général.

Le foncement des avaleresses comporte en général la série d'opérations suivantes :

I. L'emplacement et les dimensions du puits et des boisages, étant arrêtés, on ouvre une excavation d'une grandeur telle, qu'il reste encore $0^m,05$ environ entre le bois et le terrain; on s'enfonce ensuite autant que le permet la solidité de ce terrain, et en s'aidant même de quelques boisages provisoires. Le foncement étant arrivé à 10 mètres au plus, on établit une fondation : c'est une *trousse* (1) (je la désignerai sous le nom de *trousse porteuse*) qui ne diffère des *trousses* de *cuvelage* ordinaires qu'en ce que, à raison de sa destination, elle est plus épaisse de $0^m,10$; que sa hauteur ne doit pas surpasser son épaisseur, et qu'on la serre fortement contre le terrain avec des coins de bois, de manière qu'elle ne fasse qu'un avec ce terrain.

II. Sur cette trousse porteuse on élève les trousses de cuvelage, en ayant soin de les assujettir contre le terrain avec des coins ou blocs de bois placés près des extrémités de chaque pièce, et de garnir, autant que possible, l'intervalle qui reste avec des pierres de déblais. On boise ainsi jusqu'à l'embouchure du puits que l'on couronne par un cadre plat dont les extrémités s'appuient au loin dans le terrain (2).

(1) On appelle *trousse*, à Anzin, l'ensemble des pièces qui forment une assise de boisage dans les avaleresses.

(2) S'il s'agit d'un puits carré, ce cadre consiste en quatre pièces assemblées à mi-bois (*Pl. V*, *fig.* 1.). S'il

III. On reprend le foncement jusqu'à ce que l'on pose une nouvelle trousse porteuse, sur laquelle on élève de même le boisage jusqu'à la rencontre de la première; mais, lorsqu'on est arrivé à cette première trousse porteuse, il faut abattre une partie de la banquette du terrain sur laquelle elle repose, pour mettre en place la dernière assise destinée à compléter le cuvelage, et qu'on appelle *la clef*. Comme le cuvelage est moins épais que la trousse porteuse, celle-ci reste encore engagée dans le terrain de l'excédant de son épaisseur; mais d'ailleurs elle est serrée contre ce terrain, quand il est solide, par un frottement tellement dur, que cela seul suffirait pour la soutenir. Aussi l'arrachement de la banquette n'occasione-t-il qu'un fléchissement de quelques millimètres qui est sans inconvénient pour le boisage situé hors du niveau.

C'est ainsi qu'on procède tant qu'on est dans un terrain sec, ou tant que les eaux ne sont pas en telle abondance qu'elles puissent entraver le foncement.

IV. Soit que l'épuisement se fasse avec le seul secours des tonnes, soit qu'il faille établir des pompes, aussitôt qu'on a dépassé les principaux orifices qui donnent issue aux eaux, on établit pour fondation une trousse *picotée* dont l'épais-

---

s'agit d'un puits octogonal, le cadre est fait comme pour un puits carré dont le côté serait égal au diamètre du cercle inscrit dans l'octogone; seulement, des liens *a* fixés dans chacun des angles changent cette figure carrée en l'octogone voulu. On se sert quelquefois de pareils cadres ou bien des trousses porteuses dont il vient d'être question : on les appelle alors *cadres porteurs ;* ils doivent s'avancer de $0^m,30$ environ dans le terrain.

seur doit surpasser de $0^m,10$ au moins celle des autres trousses de boisage.

V. Sur cette trousse picotée on élève le cuvelage jusqu'à la rencontre de la dernière trousse porteuse ; on garnit, avec du mortier hydraulique, l'intervalle qui se trouve entre le bois et le terrain, puis on calfate les joints de cette portion de boisage avec de la filasse goudronnée qu'on tire de câbles mis au rebut.

VI. On fonce de nouveau ; à 2 ou 3 mètres plus bas on établit une nouvelle trousse picotée, et quelquefois deux l'une sur l'autre ; sur cette fondation on élève le boisage jusqu'à la rencontre du premier picotage, et on remplit encore de béton l'espace qui se trouve entre le bois et le terrain.

VII. Par suite du petit fléchissement que la pose de la clef occasione dans la partie de boisage qui lui est immédiatement supérieure, il arrive que les joints de cette partie précédemment calfatés se desserrent et font eau. Pour rétablir les choses dans leur primitif état, on exécute un *picotage à face ou horizontal* à la jonction de la clef et de la trousse à picoter ; puis on calfate.

VIII. On continue ainsi tant qu'on est dans le niveau. Dès qu'on l'a traversé, l'avaleresse se poursuit comme elle a été commencée, si on ne peut se dispenser de soutenir ses parois, et si mieux on n'aime les revêtir d'un muraillement.

Application au puits Becquey et au puits Neuf.

On sait que le puits Becquey est carré et a $2^m,2$ de côté dans œuvre. Chaque cadre ou trousse de boisage est composé comme on le voit (*Pl. V, fig.* 2), les deux longues pièces ayant à leurs extrémités des entailles de $0^m,034$ de profondeur qui servent comme de feuillures pour recevoir les pièces courtes. Quand il s'agit de poser une trousse, les pièces

se placent dans l'ordre suivant : 1°. une pièce longue; 2°. une courte; 3°. une longue; 4°. une courte.

Le puits Neuf est un octogone régulier dont le cercle inscrit a 2^{m},5 de diamètre. Les pièces de boisage sont simplement assemblées à onglet comme on le voit (*Pl. V, fig.* 10); elles portent, sur leur face supérieure, deux goujons en bois, tandis que leur face inférieure est percée de deux trous : les goujons d'une pièce entrent dans les trous de la pièce immédiatement supérieure, et cela dans le but principal de diriger les ouvriers dans la pose.

Du reste, la différence des boisages n'en établit aucune dans la manière de passer le niveau pour une avaleresse carrée ou octogonale. Mais comme la série des opérations a été poussée plus avant au puits Becquey qu'au puits Neuf, c'est principalement dans le premier que nous étudierons ce travail, nous transportant tout de suite au moment où a jailli la principale source qui a nécessité l'établissement des pompes. Nous parlerons plus bas de l'épuisement.

1°. Les pompes étant en jeu, et le puits mis à sec, on a recommencé à foncer jusqu'à ce qu'on eût dépassé, de 0^{m},60 environ, les ouvertures qui donnaient issue aux eaux; on a élargi le puits de 0^{m},23 sur chaque face; on a taillé dans tout son pourtour une banquette bien horizontale; enfin, on a creusé de 1 mètre environ dans le milieu pour faire un puisard.

2°. La banquette étant dressée, on y pose la trousse à picoter; ce sont quatre pièces assemblées absolument comme celles des autres trousses (*fig.* 2) : nous leur avons donné 0^{m},38 d'épaisseur sur 0^{m},23 de hauteur, pendant que les trous-

ses ordinaires n'avaient que $0^m,16$ d'épaisseur.

3°. On place derrière chaque pièce, de champ et tout contre, une planche *b* appelée *lambourde*, de bois blanc, ou, à défaut de celui-ci, de bois de sapin. Ces planches ont $0^m,03$ d'épaisseur et dépassent aussi la trousse de $0^m,03$ en hauteur; elles sont telles, que les plus courtes sont précisément de même longueur que les longues pièces qui forment le cadre, et que les plus longues recouvrent exactement les premières, comme on le voit dans la figure. Pour maintenir les lambourdes dans cette position, on chasse des coins *c* près de leurs extrémités, entre elles et le terrain.

4°. On remplit de mousse l'espace qui reste entre les lambourdes et le terrain, et on l'y bourre fortement avec une sorte de *battoir* (*fig.* 4) en bois, sur la tête duquel on frappe à coups de masse et jusqu'à ce qu'on ne puisse plus y en faire entrer. On enlève les coins *c* et on remplit encore leur place avec de la mousse (1).

5°. On prend des coins plats de bois blanc, dont l'angle est très-aigu, et qui ont $0^m,03$ environ d'épaisseur à la tête, et on les engage légèrement entre les lambourdes et les pièces de la trousse dans tout le pourtour du puits, en les serrant bien les uns contre les autres.

(1) Il est arrivé au puits Neuf que l'impétuosité, avec laquelle l'eau sortait, était telle que la mousse, du côté des crevasses, était chassée aussitôt qu'elle était en place, et qu'aspirée ensuite, par l'effet de l'épuisement, elle venait engorger la garniture des pistons de manière à arrêter le jeu des pompes. Pour remédier à cet inconvénient, on a enfermé la mousse dans des sacs de toile à demi usés que l'on a tortillés pour en former des sortes de bourrelets.

6°. Les ouvriers, armés chacun d'une masse, se distribuent à égale distance les uns des autres, et, marchant tous dans le même sens, frappent successivement sur la tête de chaque coin, jusqu'à ce qu'après un certain nombre de tours ils les aient enfoncés à fleur de la trousse.

Il arrive après cette opération que, comme ces coins ne sont pas tous d'égale épaisseur, quelques-uns d'entre eux se trouvent desserrés; on retire ceux-ci, on les remet en place la tête en bas, puis on chasse contre eux avec force un second coin. Celui-ci peut avoir pour effet à son tour de desserrer les coins voisins. S'il en arrive ainsi, on les enlève et on les remplace aussi par des doubles coins comme il vient d'être dit. La substitution de ces doubles coins aux coins simples tend à empêcher que la trousse ne se déverse par le haut (1).

7°. Les lambourdes se trouvant écartées de la trousse, par l'introduction des plats coins, il en résulte, aux quatre angles, des vides que l'on remplit encore avec ces mêmes coins.

8°. On prend des coins de bois blanc appelés *picots*, qui ne sont autre chose que des pyramides très-aiguës, à base carrée de $0^m,03$ de côté environ, et on en enfonce d'abord dans les vides que les plats coins peuvent laisser entre eux. Les ouvriers s'arment ensuite d'un outil de fer appelé *agrappe à picoter* (*fig.* 8), et qui n'est autre chose qu'une pyramide en fer à section carrée comme Picotage proprement dit.

(1) Les opérations décrites jusqu'ici s'appliquent de même à la pose des *trousses porteuses* hors du niveau. Seulement, on se sert de coins de chêne et on n'emploie pas de mousse. On n'emploie même de lambourdes qu'autant que le terrain n'est pas solide.

les picots, qu'ils enfoncent à coups de masse, à travers la tête des plats coins, pour préparer l'entrée des picots. Quand l'agrappe ne peut plus entrer, on la fait sortir en frappant légèrement plusieurs coups vers sa tête et toujours du même côté. L'outil dégagé, on introduit un picot dans le trou et on l'enfonce à coups de masse jusqu'à ce qu'il refuse d'entrer. Alors on fait un second trou d'agrappe immédiatement à côté du premier et ainsi de suite. On picote également à travers les plats coins qu'on a placés à la réunion des lambourdes; mais c'est là la portion la plus délicate du travail, aussi doit-elle être confiée aux ouvriers les plus expérimentés. Quand tout le tour se trouve ainsi garni de picots, on les recèpe, à fleur de la trousse, avec un ciseau légèrement courbe, et on bat ensuite le picotage à coup de masse. On recommence à enfoncer un deuxième tour de picots; on les recèpe encore et ainsi de suite. Enfin, cette première partie du picotage n'est terminée que lorsque les picots n'entrent plus que très-difficilement et qu'ils présentent un ensemble bien compacte.

9°. A ce moment, on substitue aux picots de bois blanc des picots de chêne, et l'on travaille comme précédemment. Mais pour ceux-ci, l'opération n'est consommée que lorsque l'agrappe elle-même refuse absolument d'entrer. Alors la mousse est tellement comprimée qu'on ne l'apperçoit plus. On termine par battre fortement le picotage à coups de masse, afin de le bien unir, de manière qu'il ne fasse qu'un seul et même plan avec la face supérieure de la trousse (1).

---

(1) Dans un puits octogonal, le picotage s'exécute ab-

L'effet du picotage est de bomber les pièces de la trousse dans leur milieu, et de les relever à leur partie postérieure (*fig.* 3). On a bien soin de fixer sur chaque pièce, en son milieu, au moyen d'une forte broche en fer, un étrésillon qui s'appuie d'autre part dans une entaille faite dans le terrain; mais cette précaution ne prévient pas complétement le déversement.

10°. Le picotage étant fini, on abat ces étrésillons et on monte le cuvelage. Par suite du déversement dont il vient d'être question dans la trousse picotée, il faut délarder la face inférieure des pièces du cadre qui doit lui être superposé, afin que les lits des cadres supérieurs se retrouvent bien exactement horizontaux. Avant de descendre les pièces, on cloue à leur bord inférieur, par derrière, une bande de toile de 0m,07 de largeur environ, de telle sorte que, quand elles sont posées, cette bande retombant vienne à recouvrir le joint. L'utilité de ces bandes est d'empêcher que l'eau n'entraîne, par les joints, le béton qui doit remplir l'intervalle entre le boisage et le terrain. On a soin de couler ce béton bien liquide afin qu'il s'insinue d'autant mieux dans tous les vides. Nous l'avons formé avec de la chaux moyennement hydraulique mêlée, ou de ciment de brique, ou de tuiles pilées, ou bien de scories, résultant de la combustion de la houille, préalablement pilées (1). Il faut avoir soin que la pose

---

solument de la même manière; seulement les lambourdes sont coupées à onglet comme les pièces de la trousse. Le picotage des angles y est beaucoup plus facile que dans les puits carrés.

(1) Ce béton avait acquis au bout de quelques mois

du cuvelage précède toujours celle du mortier de la hauteur d'un mètre environ, sans quoi l'eau, affluant avec grande vitesse, l'enlèverait aussitôt que mis; et ce mortier, aspiré par les pompes, irait engorger les pistons et par suite en arrêter le jeu. Il arrive même que, quand la source est très-forte et que l'intervalle qui reste jusqu'au boisage supérieur est très court, (1 mètre par exemple), on est obligé de renoncer à l'emploi du mortier pour éviter l'accident ci-dessus; dans ce cas, on se contente d'assujettir les cadres avec des coins comme dans le terrain sec. A mesure que le cuvelage s'élève, il faut faire de nouveaux échafauds dans le puits. Il est bon alors de laisser l'eau s'élever jusqu'au niveau de l'échafaud. De cette manière on contre-balance la pression de l'eau extérieure, qui, sans cela, pendant que le mortier est encore mou, tendrait à l'entraîner à travers les joints.

11°. Le cuvelage est enfin arrivé à une trousse picotée supérieure, assise comme celle que nous venons d'établir, sur une banquette de terrain. On prend alors la mesure exacte des pièces de la *clef* (à l'épaisseur près d'une lame de couteau), et on abat la portion de cette banquette, nécessaire pour pouvoir poser cette clef. Il est prudent de ne pas l'arracher en même temps sur les quatre faces, surtout quand le terrain n'est pas très-solide, et il vaut mieux placer chaque pièce de la clef au fur et à mesure que la face qui lui correspond est dégagée. Il arrive quelquefois qu'on est

---

une dureté telle, que ce n'est qu'à grande peine qu'on a pu l'arracher pour faire le remplacement de quelques pièces de cuvelage.

obligé de faire des trous de tarière dans les pièces, sans quoi l'impétuosité du flot s'opposerait à ce qu'on les mît en place. Aussitôt qu'elles sont posées, on rebouche ces trous avec des broches de bois bien sec.

On conçoit que le mineur qui a toute facilité pour assembler les autres trousses de cuvelage, ne pourrait pas venir à bout d'assembler la clef sans un artifice particulier, qui consiste en vis à bois armées de poignées que l'on enfonce dans les pièces, et qui servent comme de *tirefonds* pour les rappeler selon qu'il en est besoin.

12°. La pose de la clef ayant occasioné le desserrement des joints calfatés du boisage supérieur, on resserre ces joints en faisant un picotage à face ou horizontal à la jonction de la clef et de la trousse supérieure. À l'exception des lambourdes et de la mousse qui sont supprimées, ce picotage s'exécute comme celui qui a été décrit plus haut. On chasse d'abord des coins de bois blanc, puis des picots de bois blanc, puis des picots de chêne. Les picots doivent être chassés bien perpendiculairement aux faces du puits, et il faut bien se garder d'en enfoncer diagonalement dans les angles. L'épaisseur d'un pareil picotage est de $0^m,03$ environ comme celui d'une trousse.

13°. Ce picotage étant fait, on calfate les joints de la dernière partie cuvelée, en ayant soin de commencer par le haut pour que les ouvriers ne soient pas incommodés par l'eau des joints supérieurs. Quand le niveau est fort, il faut clouer sur les joints, au fur et à mesure, de petites planchettes de bois blanc pour empêcher que la filasse ne soit repoussée. Quelquefois même, de peur que le picotage à face lui-même ne soit repoussé,

on le couvre, sur chacune de ses faces, d'une bande de fer que l'on assujettit au moyen de plusieurs traverses de fer, fixées elles-mêmes, avec des vis à bois, dans les pièces de cuvelage du dessus et du dessous.

Voilà les différens artifices à l'aide desquels on a passé le niveau du puits Becquey. Ce travail, pour avoir exigé une aussi longue description, ne demande pourtant pas beaucoup de temps pour être exécuté, puisqu'on a vu (§ Ier.) que la majeure partie de l'eau avait été retenue au bout de cinq jours ; et cependant combien de retards n'avaient pas eu lieu par suite d'accidens arrivés à la machine d'épuisement, qui ne se seraient pas présentés avec une meilleure machine! On peut juger par-là combien cette opération est peu coûteuse. J'estime à dix-huit heures ou vingt-quatre heures au plus le temps nécessaire pour la pose et le picotage proprement dit d'une trousse, dans le terrain de Vic, du moment où la banquette est dressée.

On a vu aussi (§ Ier.) que l'on avait établi dans le puits Becquey une double trousse picotée à 2m,2 au-dessous de la première. Une semblable précaution est indispensable, quand bien même le premier picotage aurait complétement retenu les eaux ; c'est une deuxième ligne de défense. Il peut même être nécessaire d'en établir une troisième, une quatrième...... Il est impossible de rien assigner là-dessus à l'avance, pas plus que sur l'épaisseur des trousses; cela dépend, dans chaque cas, de la qualité du terrain et de la pression du niveau. En général une trousse doit être d'autant plus épaisse, qu'on veut qu'elle soit picotée plus fortement.

Les opérations relatives au cuvellement d'un

puits ne s'exécutent pas toujours précisément comme je viens de les décrire. Ainsi, on supprime quelquefois le picotage à face lorsque le terrain qui porte la trousse inférieure présente trop peu de garantie pour la solidité, ou que l'intervalle qui sépare les deux trousses est trop court, parce que la pression qu'exercerait le picotage ne se partageant plus qu'entre un petit nombre de joints, agirait trop fort sur la banquette. Mais comme il faut cependant resserrer les joints de la partie supérieure, on se reporte au picotage à face plus élevé, et on le repasse pour le renforcer. Quelquefois même le terrain peut être assez suspect pour que le calfatage seul puisse le faire éclater; alors, si les joints ne laissent pas couler beaucoup d'eau, on ajourne le calfatage; sinon, on ne peut le faire qu'après avoir pris des précautions pour empêcher la descente de la trousse. Ce cas s'est présenté au puits Neuf, et voici le moyen auquel on a eu recours, et qui est représenté (*fig.* 10).

gg, Barreaux de fer que l'on engage sous les pièces de la trousse qui reposent sur le terrain suspect.

h, Patin ou gousset en bois correspondant au barreau *g*, et cloué au boisage du puits, au-dessus de la partie à calfater.

t, Tirant ou boulon qui suspend la pièce *g* et le cuvelage qu'elle supporte au patin *h*: ce boulon est arrêté inférieurement au moyen de la clavette *i*, et supérieurement par l'écrou *k*.

C'est toujours une bonne précaution, dans les puits carrés, de renforcer le boisage du niveau en clouant dans les angles de chaque cadre, parallèlement à la diagonale du carré, de courtes pièles de bois appelées *goussets*, et qui ont pour effet

de transformer le carré en un octogone, et par conséquent de diminuer la portée des pièces de cuvelage. Ce ne sont autre chose que des prismes à base trapézoïdale. Leur épaisseur au puits Becquey avait $0^m,14$, et le long côté du trapèze portait $0^m,35$ (*fig.* 2). Il est essentiel que ces goussets soient placés de manière à ne pas recouvrir les joints pour qu'ils ne s'opposent pas à la réparation du calfatage.

Malgré cette précaution, le cuvelage n'en a pas moins fléchi et même éclaté plus d'une fois. Quand on s'aperçoit d'un fléchissement, il faut consolider la pièce avec des traverses en fer fixées, au moyen de vis à bois dans, les trousses contiguës; mais le plus souvent ce remède n'est que provisoire, et on doit s'attendre à voir la pièce éclater tôt ou tard. Quand cela arrive, on la sape et on la remplace. Pour faciliter l'introduction de la pièce de remplacement, on a besoin, si c'est une longue, de diminuer ses oreilles; et si c'est une courte, de la raccourcir, mais seulement dans sa partie postérieure en abattant les arêtes de derrière. Dans les deux cas, s'il est nécessaire, on dégage encore un peu de terrain dans les coins, à l'aide d'une pince en fer. D'ailleurs on a recours aux tirefonds comme pour la pose d'une clef.

Serremens. Le picotage n'est qu'un moyen d'établir un contact parfait entre deux corps, et dès lors on conçoit qu'il trouve son application partout où il s'agit d'opposer un obstacle au passage d'un fluide, soit que cet obstacle soit horizontal, comme dans le foncement d'un puits, soit qu'il s'agisse d'un *serrement* vertical. Il n'est peut-être pas inutile de dire ici quelques mots de cette seconde application, que l'on pourra d'ailleurs comparer au tra-

vail qui a été fait, il y a quelques années, pour établir un serrement à la mine de Huelgoat, et sur lequel M. Nailly a publié une intéressante notice(1).

On applique le picotage aux serremens verticaux, principalement des trois manières qui suivent.

1°. On pratique un épaulement bien vertical *n* (*fig.* 11) dans la roche, sur les quatre parois de la galerie, du côté où doit s'exercer la pression. On place tout contre le fond de cet épaulement un cadre fort ou châssis *o*, composé de deux montans, d'une semelle et d'un chapeau, et de telle sorte qu'il reste un intervalle de 0m,06 entre les pièces et les parois. Ce cadre porte une feuillure *q* dans laquelle on encastre des poutrelles bien jointives qui forment, à proprement parler, le serrement; mais il reste à établir la *juxtà*-position du châssis avec les parois de la galerie, et c'est ce qu'on obtient au moyen du picotage. Cette opération se fait absolument comme elle a été décrite plus haut, c'est-à-dire qu'on place une lambourde de 0m,03 entre chaque pièce et le terrain, et une pareille épaisseur de mousse, et qu'ensuite on chasse, à la jonction des pièces et des lambourdes, d'abord des plats coins, ensuite des picots de bois blanc et des picots de chêne, de manière à ce qu'on n'aperçoive plus du tout la mousse.

2°. Le second procédé ne diffère du premier que par la suppression du châssis, en sorte que les poutrelles s'appuient immédiatement contre l'épaulement du terrain. Du reste, les quatre pico-

(1) Annales des mines, *II*e. *Série*, *T. VIII*, *p* 367.

tages, y sont absolument placés de la même manière. Ce système est plus simple que le premier; mais celui-ci offre cet avantage que, le serrement étant indépendant du châssis picoté, on peut le défaire et le refaire à volonté, en ôtant et replaçant les poutrelles, par un travail prompt et facile.

Le troisième moyen consiste à pratiquer une rainure dans le sol et dans les deux parois latérales de la galerie et perpendiculairement à son axe, en donnant à ces entailles une largeur qui excède de 0m,12 l'épaisseur des poutrelles qui doivent former le serrement. Les poutrelles doivent entrer de 0m,15 au moins dans les parois; mais, pour faciliter leur mise en place, il faut faire les entailles latérales un plus profondes, sauf à remplir ensuite le vide avec du béton. Pour l'introduction de la clef, il faut même les élargir près du plafond. La première poutrelle doit être noyée dans le sol de 0m,15 au moins, et il est bon de l'asseoir dans un bain de béton. Ici on n'établit pas la *juxtà*-position du serrement avec les parois de la galerie (si ce n'est au plafond), mais bien avec celles des entailles, et cela en faisant deux picotages, l'un à la partie antérieure, l'autre à la partie postérieure, dans chaque entaille, comme on le voit (*fig.* 12).

Le travail est donc ici deux fois plus long que dans les autres systèmes, mais on peut penser aussi qu'il est plus efficace. Toutefois, il faut dire que l'exécution est en même temps plus difficile. Dans tous les cas, on termine par bien calfater les joints des poutrelles. C'est principalement au premier et au troisième moyen qu'on a eu recours dans les serremens qui ont été établis à Vic; mais ce n'était pas dans des circonstances propres à

faire apprécier la valeur de ces ouvrages, puisqu'il ne s'agissait que de fermer des réservoirs dans lesquels la pression de l'eau ne pouvait pas s'élever à deux mètres.

On a vu (§ Ier.) que ces réservoirs ont été établis pour recevoir les gouttes d'eau qui s'échappaient des joints du cuvelage, recueillies d'abord par une gargouille régnant sur tout le pourtour du puits. On obtient cette gargouille en ayant soin de laisser, dans le boisage, une lacune de la hauteur d'un cadre, où l'on place seulement des cales formant pont pour supporter le boisage supérieur. C'est dans le vide ainsi ménagé que les gouttes d'eau tombent et se réunissent ; elles ne peuvent pas couler dans l'intérieur du puits, parce que d'une part le cadre supérieur *x* (*fig.* 13) est délardé de manière à s'écarter un peu par le bas de l'aplomb des parois, et parce que, de l'autre, la surface du cadre inférieur *y* s'incline vers le terrain ; elles ne peuvent pas non plus s'échapper entre le bois et le terrain, parce que le vide est exactement rempli, soit de béton, soit de terre glaise. Pour la première gargouille que l'on a faite dans le puits Becquey, on avait comblé ce vide au moyen d'un picotage ; mais c'était évidemment faire abus de cette pratique, puisqu'il ne s'agit que de résister à une pression de moins d'un décimètre. Maintenant j'emploie de préférence un cadre à surface horizontale que je fais évider dans son milieu en forme de rigole (*fig.* 14.)

De l'épuisement.

Quand on vient à rencontrer de l'eau, dans le foncement d'un puits, on commence par en tenter l'épuisement avec les moyens simples, tonnes ou pompes à bras, que l'on a toujours à sa dis-

position, afin de s'assurer si cette eau est fournie par une cavité qu'il suffise de vider une seule fois, ou si elle provient réellement d'un *niveau*, et, dans ce cas, d'apprécier le volume de ce niveau. Et d'abord, lorsqu'il est puissant, il faut aviser à percer une galerie d'écoulement, si la localité permet de la faire sans grands frais. Les pompes d'avaleresses étant destinées à un usage qui, de sa nature, n'est que temporaire, on s'astreint à ne faire pour leur construction que les dépenses rigoureusement nécessaires, et c'est ainsi que le plus souvent on les fait en bois, à l'exception du corps de pompe. D'ailleurs, on se convaincra, par la suite de cette description, que les pompes simplement aspirantes et sans *stufenbok*, sont celles qui conviennent dans ce cas.

L'équipage que l'on a employé à Vic, au puits Becquey, consistait en deux colonnes de pompes absolument pareilles, et qui s'élevaient du fond jusqu'à la galerie d'écoulement. Le corps de pompe (*travaillante*) était en fonte; tout le reste était en bois, les tuyaux montans comme le tuyau aspirateur (*aspirante*). La travaillante avait $0^m,33$ de diamètre intérieur, et $3^m,90$ de longueur pour une course de piston de $3^m,25$; l'épaisseur de la fonte était de $0^m,03$. L'aspirante était en bois blanc, (le chêne se gerce trop facilement); elle portait $0^m,16$ de diamètre intérieur; sa longueur totale était de $3^m,30$ et, jusqu'à la soupape dormante, de $2^m,20$. Dans la partie inférieure elle était ronde et avait $0^m,10$ d'épaisseur de bois; dans le haut, elle en portait $0^m,15$ et était carrée. C'est dans ce renflement qu'était pratiquée la chapelle dont l'ouverture était un rectangle de $0^m,33$ de haut sur $0^m,23$ de large. Cette ouverture se fermait au

moyen d'un tampon de même bois que l'on chassait d'abord avec force, dont on calfatait soigneusement les quatre joints, et qui était maintenu par une armature en fer comme on le voit, *Pl. V*, *fig.* 15, Fallait-il ouvrir la chapelle? il n'y avait que deux vis à desserrer et quelques coups de masse à donner sur le tampon, en sorte que cette opération pouvait se faire très-rapidement; chose de la plus haute importance dans un travail de la nature des avaleresses.

Le bout de l'aspirante était bouché par une plaque de fer, et l'aspiration se faisait par des ouvertures latérales appelées *narines*. Pour empêcher que les débris de toute sorte qui auraient pu se trouver au fond du puits ne parvinssent à s'introduire dans la pompe, on avait cloué, sur ces narines, de petites baguettes de fer convenablement espacées; mais il est essentiel qu'elles soient fixées verticalement, et non horizontalement, pour qu'elles remplissent le mieux possible leur objet. D'autres fois, on enveloppe le bout de l'aspirante d'une sorte de claie en osier ou en fil de fer.

Les tuyaux montans ou *buses* étaient formés de douves de chêne de $0^m,05$ d'épaisseur, reliées avec des frettes en fer serrées à clavettes; ils avaient $4^m,60$ environ de longueur; ils étaient assemblés entre, eux aussi bien qu'avec la travaillante, au moyen de manchons de $0^m,33$ de hauteur, formés également avec des douves. Toutefois, cet assemblage offre un inconvénient : c'est qu'il y a deux joints à calfater, et la réparation du calfatage du joint inférieur est surtout très-difficile quand les pompes sont en place. C'est ce qui m'a engagé, à avoir recours, au puits Neuf, à une autre disposition. Ici la buse supérieure était taillée le

gèrement en pointe, et chassée à grande force dans la buse inférieure évidée d'une manière correspondante. Des crampons ou agrafes servaient à consolider cet assemblage dans lequel, comme on le voit, le joint inférieur se trouvait supprimé.

Le piston était fait en bois blanc, et de la forme représentée dans les *fig.* 18 et 19. La garniture qui avait $0^m,05$ de hauteur, consistait en deux cuirs (de bœuf) cousus ensemble, et formant ainsi une épaisseur de 10 à 11 millimètres. Elle était fixée au piston par son bord inférieur, au moyen d'une rangée de clous, et de manière à avoir un peu d'évasement par le haut.

La soupape était formée également de deux morceaux de cuir fort, cousus ensemble et maintenus entre deux plaques de fer traversées par des boulons à vis. Le cuir s'allongeait en une sorte de queue par laquelle on clouait la soupape sur le piston.

La soupape dormante était faite toute pareillement. Après avoir introduit en *a* une petite frette, on a planté de petits picots de bois blanc tout à l'entour pour le bien serrer contre le corps de l'aspirante, et c'est sur cette sorte de picotage qu'on a cloué la soupape.

L'ouverture du piston en *b* (*fig.* 18) était un rectangle de 17 centimètres sur 9, en sorte que la section offerte au passage de l'eau était de 153 centimètres carrés, c'est-à-dire seulement les 18 centièmes de la surface du piston. Avec un piston métallique, on aurait pu aisément avoir un passage de 250 centimètres carrés, et le frottement en aurait été considérablement diminué; alors il aurait fallu aussi que l'aspirante eût un plus grand diamètre. Il paraît qu'on a donné, à

Anzin, la préférence aux pistons de bois sur ceux de fonte, à cause de la facilité qu'on aurait de les retirer, au cas où leur tige viendrait à se rompre, en engageant un crochet dans l'échancrure *d* ménagée dans le bois au-dessus de la soupape; mais ne pourrait-on pas obtenir le même avantage en armant les pistons métalliques d'une double anse en fer?

Nous nous étions servis, dans le principe, de tiges en sapin; mais comme elles n'étaient pas assez lourdes, il a fallu les remplacer par du fer. Ces nouvelles tiges avaient communément 4 mètres de longueur; elles étaient carrées et de $0^m,042$ de côté. Elles étaient assemblées à mi-fer, chaque partie portant à la fois un tenon et une mortaise. L'assemblage était en outre recouvert d'un manchon en fer, et le tout était traversé par un petit boulon à clavette, afin d'empêcher le manchon de quitter l'assemblage.

Chaque pompe était établie en suspension dans le puits, à l'aide de deux chaînes en fer s'enroulant sur des sommiers de bois de chêne de $0^m,30$ de diamètre que l'on avait laissés bruts pour que le frottement pût s'opposer, au moins un peu, à une descente trop précipitée des pompes.

L'installation des pompes dans les avaleresses, et toutes les manœuvres qu'elles exigent durant le foncement, se font ordinairement à l'aide d'un cabestan appelé *engin* et d'une chèvre. Ce cabestan est utilisé en outre pour imprimer le mouvement à la tonne qui sert à l'extraction des matières du fond. On a soin d'ailleurs de le disposer de telle sorte qu'il puisse être transformé en une machine à molettes après l'enlèvement des pompes.

Au puits Becquey, on a descendu, d'une seule fois, la travaillante, l'aspirante et la première buse; mais après avoir eu soin d'assurer encore la liaison de ces trois pièces entre elles avec des crampons ou agrafes. Or, voici comment on a procédé.

Après avoir établi les deux sommiers à 1 mètre environ au-dessus du plafond de la galerie d'écoulement, et de telle sorte qu'ils entraient dans le terrain de $0^m,30$, on a disposé sur ces sommiers les deux chaînes destinées à suspendre la première colonne; elles étaient faites avec du fer de 2 centimètres de diamètre. La précaution à prendre c'est que les différens tours ne chevauchent pas les uns sur les autres. D'ailleurs, la longueur de ces chaînes doit être calculée de manière que la pompe étant supposée descendue jusqu'au point le plus bas du niveau, il reste encore sur les sommiers un nombre de tours suffisans pour que leur frottement contre-balance le poids de la colonne. D'un autre côté, on a pris deux autres bouts de chaîne dits *colliers*, terminés par une fausse maille ou *clavier*, que l'on a passés successivement, en manière de nœud coulant, autour du cordon inférieur de la travaillante, avec cette précaution, que, la pompe étant supposée pendue sur les deux claviers, ceux-ci se trouvassent diamétralement opposés (*fig.* 15).

Les choses étant ainsi préparées, on a amarré le câble de l'engin à la travaillante, au-dessous du cordon dont il vient d'être question; on l'a lié en outre à cette même pièce, vers son autre extrémité, au moyen d'une petite corde, et on a fait agir le cabestan, d'abord pour enlever la pompe de terre et ensuite pour la descendre dou-

cement dans le puits. Quand le point d'attache des colliers a eu dépassé les sommiers, on a fait une halte pour assembler ceux-ci, au moyen de leurs claviers, avec les bouts libres des chaînes de suspension. A dater de ce moment, la pompe s'est trouvée suspendue et on a continué à la descendre en rendant du câble et faisant simultanément couler les chaînes, et cela jusqu'à ce que son extrémité supérieure fût arrivée à la hauteur des sommiers. Alors on a descendu, à l'aide de la chèvre une paire de buses que l'on a ajustée sur la première partie de la colonne; on a continué la descente, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'aspirante eût atteint le fond du puits; puis on a coupé le câble pour pouvoir procéder à la descente de la deuxième pompe.

Il est essentiel, pendant toute cette opération, de tenir toujours bouchée l'extrémité de la colonne, pour éviter qu'il ne tombe rien dans la pompe. Pour faire couler les chaînes, on frappe sur les mailles avec la paume de la main, en ayant soin de relever les doigts autant que possible, sans quoi on courrait le risque de se les prendre dans les chaînons. Il faut faire en sorte que les deux chaînes glissent toujours d'égale quantité, pour que la colonne descende bien verticalement.

L'épuisement étant une fois mis en train à mesure que le niveau de l'eau s'abaisse, on établit, tout contre les pompes, des chevrons dits *guidonnages*, afin que celles-ci ne puissent pas quitter leur position, si elles ont été descendues bien verticales, ou sinon, afin de les ramener dans cette position.

Aussitôt que le fond est à découvert, les ouvriers se mettent à piocher sous les pompes pour

que celles-ci posent dans une espèce de puisard, et que par conséquent tout le reste du puits se trouve à sec. C'est une précaution qu'il faut constamment avoir à mesure que le creusement avance. Comme on ne peut pas facilement se servir d'un pic ordinaire pour piocher sous les pompes, on se sert plutôt d'une barre de fer pointue dite pince, ou au moins d'un pic très-long. A mesure que l'on arrache du terrain sous les pompes, il faut lâcher les chaînes pour que la colonne pose toujours au fond. Pourtant il arrive aussi quelquefois que la colonne descend d'elle-même par son propre poids. A mesure aussi il faut allonger les buses et les tiges; on n'allonge pas de moins de 15 centimètres à la fois, et pour cela on a des bouts tout préparés de 15, 30, 60 centimètres.

La rupture des tiges est un accident qui s'est souvent présenté dans le cours de nos opérations. Nous les retirions, comme on retire des tiges de sonde, en les saisissant, au-dessous des assemblages, avec un crochet de recherche. Quand il arrive que cette tige se brise rez le piston, on se sert d'un crochet recourbé que l'on tâche d'engager dans l'échancrure qui a été réservée dans le bois. Lorsque l'équipage est mû par une seule maîtresse tige, qui ne joue pas dans l'intérieur d'une des pompes, il faut parer aux accidens qui pourraient résulter de la chute de cette tige au fond du puits par suite de la rupture de l'assemblage qui la lie à la machine. On l'arme pour cela de deux patins en bois, lesquels, le cas échéant, viendraient se reposer sur deux traverses placées *ad hoc* dans le puits.

Calfater les buses et les manchons, resserrer

ou remplacer les frettes : ce sont des réparations qu'il y a souvent lieu de faire. Mais ce qui interrompt le plus fréquemment le travail, c'est la nécessité de remplacer les pistons : aussi faut-il toujours en avoir plusieurs de rechange préparés à l'avance pour pouvoir les descendre aussitôt qu'on a retiré ceux qui sont défectueux, après avoir préalablement bien graissé les garnitures avec du saindoux ou du suif. Ce renouvellement est commandé, soit parce qu'on voit que la pompe fournit moins d'eau qu'à l'ordinaire, ce qui tient à ce que le cuir décousu, décloué ou déchiré par le service, n'adhère plus complétement au piston, soit parce qu'on s'aperçoit par l'effort du moteur que le frottement du piston est devenu plus considérable. Cette circonstance peut être due aussi au dérangement ou au retournement de cuir; mais le plus souvent à ce que des menus débris du terrain, de la filasse, des copeaux de bois ou d'autres matières qui ont pu être aspirées par la pompe, sont venues se loger entre le vide qui existe, par suite de la disposition conique de la garniture, entre celle-ci et les bois du piston. Nous avons réussi, au puits Neuf, à diminuer de beaucoup la fréquence des accidens dus à cette dernière cause, en ajoutant à la garniture un cuir mince (de cheval) qui, à son bord inférieur, est cousu entre les deux cuirs qui la constituent, la dépasse de 3 centimètres environ et est ensuite cloué au piston par son autre bord, de manière à recouvrir précisément le vide dont il vient d'être parlé, et toutefois d'une façon assez lâche pour que le jeu de la garniture n'en soit pas contrarié (*fig.* 18 et 19.)

La soupape dormante est sujette aussi à des

dérangemens qui ont pour effet immédiat la diminution du produit de la pompe. On s'aperçoit particulièrement que cette diminution est due à cette cause, lorsqu'on entend l'eau redescendre dans l'aspirante pendant le refoulement du piston. Alors il faut se hâter d'ouvrir la chapelle, tout en continuant de faire marcher l'autre pompe. Si la soupape n'est empêchée de fonctionner que par l'interposition de quelques corps étrangers amenés par l'aspiration, et qui la tiennent ouverte, le remède est facile, il suffit de les enlever. Mais si, comme il arrive assez souvent, c'est le cuir qui est coupé en partie à la charnière, par l'effet du service, il faut sur-le-champ arracher la soupape défectueuse, en reclouer une autre, replacer et recalfater le tampon. On sent combien il importe que cette opération soit faite avec une grande célérité, car sans cela l'eau finirait par gagner la chapelle, et alors il faudrait absolument tirer la pompe hors du puits. Or, cette célérité ne peut s'obtenir qu'autant que le tampon n'est pas trop lourd, et c'est ce qui fait qu'on préfère l'avoir en bois plutôt qu'en fonte. Peut-être aussi est-ce cette considération qui a conduit à employer des aspirantes dont le diamètre est un peu faible?

Un fait est arrivé par deux fois au puits Neuf, qu'il importe de signaler ici. On avait suspendu le travail pendant plusieurs jours pour faire des réparations à la machine, et l'épuisement venait d'être mis en train, lorsque l'une des pompes vint à se soulever, retomba au bout de quelques instans, se souleva de nouveau, et ainsi de suite plusieurs fois, avec précipitation à l'instar d'un mouton. Cet accident n'arrive jamais que lors-

qu'on a eu la négligence de laisser dans le fond de la filasse, des copeaux, ou d'autres matières qui obstruent en partie le masque qui recouvre les narines. On conçoit, en effet, que le passage destiné à l'eau se trouvant considérablement rétréci, et celle-ci ne pouvant, par suite, prendre la vitesse convenable, il en peut résulter des chocs qui occasionent l'effet annoncé, et d'autant plus facilement qu'il y a une plus grande partie de la pompe plongée dans l'eau (1). Dans ce cas, il doit aussi se faire un vide momentané dans la pompe, en sorte que le piston a à soutenir, en montant, un poids plus fort qu'à l'ordinaire, un poids égal à celui de l'atmosphère, plus celui de la colonne d'eau qu'il porte sur la tête. Aussi avons-nous trouvé, après l'un des deux soulèvemens mentionnés, que la plaque en fer *m* (*fig.* 18 et 19) interposée entre le bois du piston et la clavette qui fixe le dernier bout de la tige à ce piston, était cassée et qu'elle s'était incrustée dans le bois de près d'un centimètre. On prévient ces soulèvemens en fixant de forts étrésillons sur l'embouchure des pompes; mais le plus essentiel, c'est d'en prévenir la cause en ayant soin, comme je l'ai déjà dit, de ne jamais abandonner le fond de l'avaleresse sans l'avoir bien nettoyé. La première fois que cet accident nous arriva, le bout de l'aspirante fut brisé; des pierres s'y engagèrent et il fallut tirer la pompe hors. La seconde fois il n'y eut pas de détérioration apparente;

(1) J'ai observé de ces chocs dans une autre circonstance : là, c'était la soupape du piston qui ne laissait pas assez de passage à l'eau, et ils n'ont cessé qu'en agrandissant ce passage.

mais au bout de quelques jours la pompe ne donnait presque plus d'eau. Alors on visita la soupape dormante que l'on trouva sciée à la charnière et recouverte de deux morceaux de gypse du volume d'un décimètre cube environ chacun, arrondis comme des galets, plus de la plaque de tôle qui bouchait auparavant le bout de l'aspirante, laquelle était repliée plusieurs fois sur elle-même, et dans l'état où serait un morceau de papier que l'on aurait froissé dans la main. Il paraît que cette plaque avait été déclouée et pliée par les chocs répétés de la pompe contre le terrain, que dans cet état elle avait pu s'engager dans l'aspirante et après elle les deux pierres, et que là, ballottées par le jeu de la pompe, elles avaient fini par prendre les formes ci-dessus mentionnées, et par passer au-dessus de la soupape. Cette plaque avait pourtant $0^m,30$ de diamètre et 2 millimètres d'épaisseur!

On voit, par la description qui précéde, combien les travaux d'avaleresses sont pénibles et scabreux, puisqu'il faut que quatre hommes travaillent dans une espace de 5 mètres carrés environ, encore retréci par les pompes, exposés à chaque instant à être submergés par suite de l'interruption du jeu de celles-ci. Aussi est-il essentiel qu'il y ait des échelles dans le puits. On sent en outre que les pompes ne peuvent pas tenir le puits bien à sec, ce qui fait que les ouvriers ont toujours les jambes dans l'eau. Il faut même que les narines soient toujours couvertes d'eau, sans quoi il y a de l'air aspiré, et l'eau, retombant sous forme de mousse par l'embouchure de la pompe sur le dos des travailleurs, les incommode encore d'avantage. Il y a d'ailleurs un autre inconvénient à

faire *sucer* les pompes : c'est qu'il en résulte un courant d'air si actif qu'on ne peut pas tenir de feux allumés dans le puits. Pour se garantir la tête et le dos des aspersions supérieures, soit qu'elles proviennent de la succion des pompes, ou bien des joints des buses, les ouvriers sont couverts d'une sorte de capote en cuir et d'un chapeau en feutre à larges bords, rendu aussi imperméable que possible avec du goudron, ou avec un mastic de suif et de cendre. On ne peut pas exiger de ces ouvriers plus de six heures de travail par jour, en deux postes ou reprises.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Détails relatifs au cuvelage et au picotage.

Fig. 1. Plan d'un cadre porteur pour un puits carré, et, pour un puits octogone, par l'addition d'un lien *a*, dans chaque angle du carré.

Fig. 2. Plan d'une trousse de picotage.

b b, lambourdes dans leur première position, c'est-à-dire avant l'introduction des plats coins;

c c, coins qui maintiennent les lambourdes pendant qu'on place la mousse;

m, gousset cloué dans l'angle du puits pour renforcer le boisage.

Fig. 3. Pose d'une trousse de picotage.

a, coupe verticale d'une avaleresse ;

p, puisard;

d, trousse picotée;

e, étrésillon;

ff, lambourde et picotage; le picotage est exprimé par des hachures normales.

a', plan d'une pièce de la trousse bombée par le picotage.

Fig. 4. Battoir.

Fig. 5. *a*, élévation d'une masse, dans le sens de la longueur; *a'*, élévation du côté de la panne.

Fig. 6. Deux élévations d'un plat coin.

Fig. 7. Plan et élévation d'un picot.

Fig. 8. Elévation d'une agrappe à picoter.

Fig. 9. Plan et élévation d'un ciseau courbe.

Fig. 10. Dispositions employées au puits Neuf, pour soutenir, pendant le calfatage, une partie de cuvelage reposant sur un mauvais terrain.

a, plan de la moitié du puits;
a', élévation du boisage;
gg, barreaux de fer;
h, patin ou gousset en bois;
t, tirant ou boulon en fer;
i, clavette;
k, écrou de ce boulon.

Pour ne pas compliquer la figure, on n'a représenté, en élévation, qu'un seul des tirans *t*.

Fig. 11. Plan et profil d'un serrement à châssis.

n,n, épaulement pratiqué dans le terrain;
oo, châssis portant une feuillure *q*;
rr, lambourdes et picotage: (les picotages sont exprimés par des hachures normales);
s, pièces de serrement.

Fig. 12. Plan et profil d'un serrement à entailles.

u, pièces de serrement;

v, lambourdes et picotages: (les picotages sont exprimés par des hachures normales.)

Fig. 13. Profil d'une portion de boisage du puits Becquey.

y, trousse-gargouille;

l, picotage de cette trousse;

z, cale pontée soutenant le boisage supérieur;

x, cadre rentrant un peu hors d'aplomb pour que les gouttes d'eau tombent bien dans la gargouille.

Fig. 14. Coupe d'une pièce de boisage évidée en rigole pour servir de gargouille.

Épuisement des avaleresses.

Fig. 15. Disposition des pompes dans le puits Becquey.

A, puits.

B, galerie d'écoulement.

C, sommier.

D, chaînes de suspension.

E, collier; *e* clavier qui réunit celui-ci à la chaîne.

F, corps de pompe ou *travaillante* en fonte.

G, *aspirante*.

H, chapelle;

I, narines.

Fig. 16. Coupe de la *travaillante* et de l'*aspirante* avec les mêmes désignations que dans la *fig.* 15.

a a, petite frette que l'on serre, contre le bois de l'aspirante, au moyen d'un petit picotage.

Fig. 17. Assemblage de deux tuyaux sans manchon ; *c* crampons ou agrafes.

Fig. 18 et 19. Coupe et élévation d'un piston.

g, garniture en cuir;

i, petit cuir mince cousu à la garniture et cloué au piston pour recouvrir le vide qui règne entre celle-ci et le bois et empêcher qu'il n'y entre des corps étrangers.

(*La suite à l'une des premières livraisons de* 1834.)

DESCRIPTION

D'une machine pour l'extraction de la houille, établie, en 1829, aux mines du Vigan, département du Gard.

PAR M. C. HAMMOND, ingénieur civil.

La machine à vapeur, pour l'extraction de la houille, aux mines du Vigan, fait aussi aller des pompes pour l'épuisement des eaux souterraines. Celles-ci étant fort abondantes, il était nécessaire que le jeu des pompes ne fût point interrompu pendant les intervalles d'accrochage ou de décrochage des bennes, comme cela a lieu ordinairement. C'est dans ce but que j'ai construit l'appareil décrit ci-dessous, qui a, en outre, plusieurs autres avantages, tels que celui de n'exiger aucune attention de la part des machinistes, de sorte que la machine peut être abandonnée au chauffeur; d'éviter toute chance d'accident au moment où la benne pleine arrive à l'orifice du puits, et est tirée sur le plan de décrochage; de rendre plus facile la manœuvre du déchargement et de la vidange des bennes, et de diminuer ainsi le nombre d'ouvriers qui y sont employés.

La machine est représentée avec ses détails sur les *Planches VI* et *VII*.

La *fig.* 1, *Pl. VI*, représente une projection verticale de la machine sur un plan perpendiculaire à l'axe du treuil ou tambour sur lequel s'enroule la corde à laquelle est suspendue la benne.

La *fig.* 2, *Pl. VII*, est une autre projection ver-

ticale sur un plan perpendiculaire au premier, et dans lequel on a supprimé tout ce qui se rapporte au tambour, pour ne conserver que la charpente établie sur le puits et ses dépendances.

La *fig.* 3, *Pl. VII*, est un plan horizontal correspondant aux deux projections verticales.

Les mêmes lettres désignent partout les mêmes objets.

G, *fig.* 3, tambour sur lequel s'enroule la corde qui va passer sur la poulie de renvoi au-dessus du puits.

FF, *fig.* 1 et 3, roue d'angle montée sur l'axe du tambour G.

E, E', *fig.* 1 et 3, pignons engrenant avec la roue d'angle F, montés sur l'axe D qui reçoit, de la machine à vapeur, un mouvement de rotation continu.

H, H', *fig.* 3, manchons liés entre eux par les tringles I, I glissant le long de l'arbre D, parallèlement à son axe, et servant à fixer l'un ou l'autre des pignons E, E' qui sont *fous* sur l'axe D. Les manchons H, H' sont représentés sur une plus grande échelle, *fig.* 5, *Pl. VI.*

On voit, par la *fig.* 3, que le système des deux manchons peut, suivant qu'on le pousse vers l'un des pignons E ou E', fixer l'un d'eux sur l'axe D, ou bien, quand on le laisse au milieu de la distance des deux pignons, n'en toucher aucun et les laisser libres tous deux. Au moyen de cet appareil, appelé en anglais *russian crab* (*écrevisse russe*), l'axe D tournant toujours dans le même sens, le tambour G tourne dans un sens ou dans l'autre, ou s'arrête tout-à-fait, suivant que les deux manchons sont poussés vers E, vers E', ou sont au milieu de la distance qui les sépare.

O, *fig.* 1 et 3, arbre horizontal sur lequel sont fixés :

1°. Le châssis K dans lequel passe la corde avant d'atteindre le tambour :

2°. Les deux bras ou tiges en fer *f*, *f'*;

3°. La verge en fer P.

R, *fig.* 1, levier tournant autour d'un point fixe, lié au manchon H' par deux petits cylindres saillans sur un collier qui embrasse le manchon, sans empêcher celui-ci de tourner avec l'arbre.

Q, *fig.* 1 et 3, tringle en fer articulée, à angle variable, avec les pièces P et R.

g, *fig.* 1 et 3, roue sur laquelle est appliqué un frein que l'on a supprimé dans le dessin ; la roue *g* est montée sur l'axe du tambour. Le frein est serré seulement, lorsque l'on veut arrêter une benne dans le puits. Au moyen d'un cordeau descendant le long des parois, l'ouvrier qui est dans la benne peut à la fois débrayer les pignons E ou E', et serrer le frein.

La *fig.* 4, *Pl. VI*, représente le tambour et le système d'embrayage et de débrayage projetés sur un plan vertical, perpendiculaire à celui de la *fig.* 1.

Les *fig.* 6 et 7 représentent, sur une plus grande échelle, le levier R et l'extrémité de la tringle Q.

e, *e'*, *fig.* 1, 2 et 3, cordes attachées aux bras *f*, *f'*, allant passer sur des poulies de renvoi fixées aux montans verticaux qui portent la poulie ou molette, et auxquelles sont suspendus des contre-poids. Ces cordes servent à embrayer ou débrayer à la main, de manière à faire tourner le tambour dans le sens voulu, ou à l'arrêter. Les lignes ponctuées dans la *fig.* 1 représentent les bras *f* et *f'* placés dans deux autres positions corres-

pondantes, la première *f, f'*, au débrayage des deux pignons, la seconde *f, f'*, à l'embrayage du pignon E, au lieu du pignon E'.

X, *fig.* 1, cuveau ou benne dont on augmente la profondeur et la capacité au moyen d'anneaux retenus par les chaînons d'attache; cette disposition a pour but d'éviter la casse des charbons, en les jetant dans une benne profonde.

L, crochet à ressorts représenté sur une plus grande échelle dans les *fig.* 8, 9 et 10; on remarquera deux loquets *b*, *b*, tournant autour des boulons *a*, *a*, saillans en dehors du châssis, et poussés par les ressorts *c*, *c*.

Deux leviers coudés *d*, *d* tournant autour des boulons *o*, *o*, et poussés eux-mêmes par le ressort à deux branches *r*, *r*, servent à faire rentrer en dedans les parties saillantes des loquets *b*, *b*, lorsque cela est nécessaire; il suffit pour cela de tirer avec la main deux cordons fixés aux œillets *i*, *i*, des leviers *d*, *d*; alors les ressorts sont comprimés et les loquets rentrent.

S, S, *fig.* 1, 2 et 3, châssis en charpente suspendu, par la partie supérieure, à un arbre A, et tournant autour de l'axe de cet arbre.

T, pièce de bois, chargée vers la tête d'une masse de fer liée, à la charpente S S, par une tige en fer et un étrier, tournant autour de l'axe de l'arbre B, *fig.* 2; une corde que l'on voit dans les *fig.* 1 et 2, et qui est attachée par une extrémité à la pièce T, et par l'autre à un point fixe, empêche la pièce T de retomber au delà de sa position actuelle. C'est le poids dont est chargé la pièce T qui retient le châssis en charpente S dans la position inclinée où il se trouve.

M, plusieurs cercles horizontaux fixés au châssis S.

J, J, boules en bois fixées à la corde, et qui sont trop grosses pour traverser le châssis K.

Au moment où la benne X a dépassé le plan de l'orifice du puits, le crochet à ressort L s'engage dans les cercles M où les loquets *b*, *b* s'accrochent. En même temps les boules J, J font tourner le châssis K, et par conséquent l'axe O. Le pignon E′ est débrayé ; le système des manchons étant amené entre les deux pignons, le tambour s'arrête et la benne pleine se trouve suspendue aux cercles M. Son poids détruit l'état d'équilibre du système, et suffit pour faire tourner le châssis S autour de l'axe A, la pièce T autour de l'axe B. Le tout prend la position indiquée par les lignes ponctuées en S′ et T′, dans la *fig.* 1 : la benne se trouve ainsi ramenée sur le plan de décrochage.

U, simple mât fixé, au moyen de mouffles et d'une poulie dont la chappe peut tourner autour d'un axe vertical, à l'un des angles du bâtiment.

Y, cordons d'un palan.

V, crochet d'une romaine suspendue à la chappe de la mouffle inférieure, auquel on accroche le cuveau plein.

Le mât tourne sur son pivot par le moindre effort, ou bien au moyen d'un léger porte-à-faux. Les *fig.* 1 et 2, indiquent suffisamment comment on détache la benne pleine, du crochet L, pour l'attacher au crochet de la romaine, et comment on vient ensuite la vider sur une grille qui tamise la houille. Les gros morceaux tombent sur une charrette placée au bas d'un mur, tandis que le menu s'amoncèle au-dessous de la grille.

Le cuveau étant vidé, on le ramène près du

puits et on l'attache de nouveau au crochet L. L'ouvrier, en poussant le châssis S', le remet dans la position primitive S, et le cuveau se trouve au-dessus du puits ; alors il embraye, à la main, le pignon E en tirant le cordon e', et il décroche en même temps le crochet L en faisant rentrer les loquets *b*, *b*. Il n'a pour cela qu'à tirer les cordons attachés aux œillets *i*, *i* des leviers coudés *d*, *d*.

Pendant le temps qu'a duré cette manœuvre, la machine à vapeur a continué à faire mouvoir les pompes d'épuisement.

Lorsque le cuveau arrive au bas du puits, à la place d'accrochage, deux autres boules, placées sur la corde au delà du châssis K, viennent pousser ce châssis et débrayer le pignon E. Le tambour s'arrête encore, jusqu'à ce qu'au signal donné par les ouvriers du fond, l'ouvrier embraye de nouveau le pignon E' pour faire remonter un autre cuveau plein.

Cette machine fonctionne très-bien depuis l'époque de son établissement. Toutes les pièces, excepté celles composant le *russian crab* et les roues d'angle, peuvent être faites par un forgeur ordinaire de mines.

DESCRIPTION

D'une nouvelle machine d'extraction et d'une chaîne sans fin de la construction de M. Galle, membre de l'Institut.

PAR M. COMBES, ingénieur des Mines.

Les machines d'extraction actuellement employées sur les mines ont des inconvéniens nombreux et bien connus de tous les exploitans. Au premier rang figurent l'usure rapide des câbles en chanvre et la destruction des tonnes qui, attachées à l'extrémité de ces câbles, frappent souvent contre les parois des puits ou l'une contre l'autre, au point de rencontre; les poids inégaux des câbles montant et descendant qui ne se font pas équilibre; enfin la nécessité d'arrêter le moteur et de changer le sens du mouvement de rotation, quand la tonne pleine est arrivée au haut du puits et doit être remplacée par une tonne vide. Inconvéniens des machines d'extraction ordinaires.

A Saint-Étienne et à Rive-de-Gier, on emploie encore exclusivement des câbles ronds qui s'enroulent généralement sur un tambour à axe vertical. Pour des puits de 300 à 400 mètres de profondeur, les câbles ont ordinairement 2 à 3 pouces de diamètre et pèsent de $2^k,5$ à $3^k,10$, par mètre courant. Les tonnes contiennent 10 hectolitres de houille pesant de 800 à 900 kilogrammes. Le poids de la tonne garnie de ses chaînes d'attache est d'environ 230 kilogrammes : ainsi la charge totale du câble s'élève à 1030 kilogrammes, indé- Prix et usure des câbles.

pendamment de son propre poids qui est d'environ 1200 kilogrammes, pour un puits de 400 mètres, quand la tonne pleine commence à s'élever du fond. Il faut pour un puits semblable deux câbles dont la longueur excède la profondeur du puits de 60 à 80 mètres au moins, à cause de l'élévation des molettes au-dessus de l'orifice du puits, de la distance des molettes au tambour, et de la nécessité d'avoir sur celui-ci une provision de câble pour remplacer les parties inférieures qui s'usent les premières et qu'il faut couper. Ainsi l'on a :

Longueur totale des deux câbles, 940 mètres moyennement;

Poids à raison de 3 kilogrammes par mètre courant, 2820 kilogrammes;

Prix des câbles à raison de 150 fr. les 100 kilogrammes, 4230 fr.

La durée d'une paire de câbles semblable varie beaucoup, suivant que le puits est sec ou humide, qu'il y circule de l'air frais entrant dans la mine, ou de l'air chaud, humide et vicié qui a parcouru les travaux souterrains. Dans aucun cas elle ne dépasse 16 à 18 mois : elle est souvent de 6 ou 8 seulement.

A Anzin, les câbles plats ont généralement remplacé les câbles ronds qui n'existent plus aujourd'hui que sur deux ou trois fosses. D'après les renseignemens que m'a fournis M. Boudousquié, ingénieur des mines à Valenciennes, les câbles plats d'Anzin ont $0^{m},115$ de largeur sur $0^{m},03$ d'épaisseur, pèsent $4^{k},188$ par mètre courant, et coûtent $7^{fr.},25$ le mètre. Les tonnes élevées au moyen de ces câbles contiennent un peu plus de 7 hectolitres de houille, et leur poids

total est de 800 kilogrammes, dans lesquels le poids du vase, avec ses chaînons d'attache, entre pour 136 kilogrammes. La longueur des câbles plats excède de 25 à 30 mètres la profondeur des puits. Ainsi, pour un puits de 400 mètres de profondeur, il faudra deux câbles ayant ensemble au moins 850 mètres de long, pesant 3559k,80, et coûtant 6162 fr. La durée de ces câbles est quelquefois de 24 à 30 mois; mais souvent ils sont usés au bout de 10 ou 12, surtout dans les fosses par lesquelles sort l'air humide et chaud qui a parcouru les travaux.

Chaînes de fer en Angleterre.

En Angleterre, on emploie soit des câbles plats en chanvre qui ont à peu près les mêmes dimensions et le même poids que ceux d'Anzin (1), soit des chaînes en fer. En général, dans les puits inclinés où la chaîne traîne sur le sol, parce que l'on ne rapproche pas assez les rouleaux pour qu'elle soit partout suspendue, l'on emploie des chaînes ordinaires en fer, formées de maillons oblongs qui s'enroulent sur un tambour cylindrique, ou plutôt une bobine à axe horizontal recevant le mouvement de rotation d'une machine à vapeur. La chaîne placée sur ce tambour s'enveloppe plusieurs fois sur elle-même, de sorte que le poids du cuveau et de la chaîne suspendue dans le puits agit à l'extrémité d'un plus long bras de levier, à mesure que celle-ci se raccourcit. A la mine d'étain de Wheal-Vor (paroisse de Breage en Cornouailles), une chaîne semblable extrait le mi-

---

(1) Aux *Consolidated mines*, près *Redruth*, les câbles plats pèsent $8^{lbs.}$ par yard (3^{k},97 par mètre), et coûtent $1^{liv.}$ $18^{sh.}$ par quintal de $112^{lbs.}$, ($94^{fr.}$,54, les 100 kilogrammes).

nerai d'une profondeur de 160 *fathoms* (292^m,64). La chaîne pèse à peu près 2100 kilogrammes sur cette longueur, c'est-à-dire 7^k,19 par mètre courant. Le poids d'un cuveau plein de minerai est seulement de 800 lbs. (362^k,72). Des chaînes semblables sont employées aux mines de cuivre de *Wheal-Friendship*, aux mines de plomb de *Wheal-Betzy* dans le Devonshire, et aux mines de plomb de *Mold*, dans le Flintshire. Elles sont usées, au bout d'un temps assez court, par le frottement sur le sol des puits inclinés.

Lorsque l'extraction a lieu entièrement par des puits verticaux, l'on emploie fréquemment, surtout dans les mines de houille, des chaînes plates en fer qui s'enroulent sur une bobine étroite, à la manière des câbles plats en chanvre employés à Anzin et ailleurs, dont il a été question. Ces chaînes sont formées de la manière suivante :

Chaque chaînon est formé de trois maillons qui ont une forme très-allongée, comme on le voit dans les *fig.* 8 et 9, *Pl. VIII*, dont la première représente deux chaînons contigus de la chaîne projetés sur un plan parallèle à sa largeur, et la seconde les deux mêmes chaînons projetés sur un plan perpendiculaire au premier. Les maillons *a*, *a*, *a*, couchés dans le plan de la chaîne, ont 4 pouces de long, et, quand ils sont juxtaposés, la largeur totale, égale à celle de la chaîne, est de 5 pouces.

Les maillons *b*, *b*, *b* ont 5 pouces de long; les branches longitudinales sont aplaties et plus larges que la partie arrondie qui entre dans le maillon contigu. On voit que la chaîne totale est formée de trois chaînes juxtaposées formées de maillons très-allongés. Pour réunir ces chaînes

entre elles, et en même temps pour empêcher les maillons de se mettre en travers, on enfonce des càles en bois dans tous les maillons *b*, *b*, *b* formant un même chaînon qui sont posés dans un plan perpendiculaire à la largeur de la chaîne. Aux mines de houille exploitées par la compagnie de *Neath-Abbey*, dans le Glamorgan, une chaîne semblable, ayant 90 fathoms (164^{m},61) de longueur, pèse 2500 kilogrammes environ, c'est-à-dire 15^{k},19 par mètre courant : c'est près de 4 fois autant que les câbles plats en chanvre employés à Anzin ou dans les mines d'Angleterre. Les tonnes suspendues à cette chaîne sont en tôle; elles contiennent 500 kilogrammes de houille environ, et la tonne vide pèse 2 et demi à 3 quintaux de 112 lbs. (125 à 150 kilogrammes à peu près). Une telle chaîne dure de 9 à 10 ans. Les ouvriers descendent dans le puits par les tonnes.

Sur les mines exploitées près de *Dudley* par M. *Firmstone*, propriétaire des forges de *Leys*, j'ai vu des chaînes semblables d'une très-grande longueur, parce que la machine d'extraction était située à une distance assez considérable des puits qui avaient eux-mêmes environ 230 *yards* de profondeur. Ici, comme dans toutes les mines de houille de la partie sud du Staffordshire, la houille en gros morceaux est empilée sur un plateau à roulettes, où elle est maintenue par les chaînes d'attache et par plusieurs cercles en fer large et mince : on empile sur ces plateaux de 20 à 24 quintaux de 112 lbs. (1000 à 1200 kilog.), de sorte que le poids total dont la chaîne est chargée n'est pas moindre que 1200 à 1400 kilog. Ces plateaux sont élevés dans des puits circulaires, muraillés en briques sur une assez grande partie

de leur hauteur, dont ils remplissent à peu près exactement la section horizontale.

J'ignore le prix des chaînes que je viens de décrire, et qui sont préférées aux chaînes ordinaires, parce qu'elles offrent plus de sécurité (1), et qu'elles s'enroulent régulièrement sur elles-mêmes à la manière des câbles plats. Toutefois il me paraît évident que le prix doit en être élevé à cause du grand nombre de soudures qu'il y a à faire, et de la difficulté de tenir les maillons de longueur parfaitement égale, de manière qu'une cale en bois prismatique puisse traverser tous les maillons d'un même chaînon placés dans un plan perpendiculaire à la largeur de la chaîne. Elles ont aussi l'inconvénient d'avoir un poids très-considérable comparativement à celui des câbles en chanvre qui feraient le même service.

Description des chaînes sans fin, construites par M. Galle.

Les nouvelles chaînes en fer construites par M. Galle, et décrites dans le rapport de M. Francœur, inséré au *Bulletin de la Société d'encouragement* pour le mois d'octobre 1832, nous paraissent réunir toutes les conditions de solidité et de légèreté propres à leur donner, dans les mines, une supériorité marquée sur les câbles en chanvre et les chaînes en fer employés jusqu'ici. Un avantage considérable, c'est que, comme elles sont sans fin, il y a constamment équilibre entre le poids de la partie montante et de la partie descendante, de sorte que le moteur employé aura seulement à vaincre la résistance due au poids élevé et les résistances passives (les

(1) Les chaînes ordinaires en fer formées de maillons entrelacés offrent très-peu de sécurité, parce qu'un seul maillon défectueux occasione la rupture

frottemens et la raideur de la chaîne), qui seront bien inférieures à celles des machines ordinaires, à cause de la simplicité du nouveau système.

La chaîne, telle qu'elle a été construite d'abord, est composée de maillons fabriqués avec de la tôle découpée avec soin, de 2 millimètres d'épaisseur. La largeur du maillon en *ab*, *fig.* 6, *Pl. VIII*, est de 15 millimètres et demi. Le diamètre des œillets ou trous destinés à recevoir les goupilles qui réunissent les maillons au nombre de 4, 6 ou 8 formant un chaînon, est de 7 millimètres. Les maillons sont terminés à leurs extrémités par des portions de cercle concentriques aux œillets, ayant 23 millim. de diamètre; la distance des goupilles passant dans les trous, égale à la longueur d'un chaînon, est de 27 millim. (1 pouce) d'axe en axe.

Les chaînons sont composés d'un nombre pair de maillons, disposés symétriquement aux deux extrémités d'une goupille, qui réunit deux chaînons contigus, et qui est renflée dans le milieu pour empêcher le rapprochement des maillons (*fig.* 5). La chaîne totale est ainsi formée de deux chaînes parallèles réunies par des goupilles, et maintenues à une distance invariable. Les axes qui terminent les goupilles ont exactement le diamètre des œillets. La longueur de la partie renflée qui maintient l'écartement des deux parties de la chaîne est de 28 millim. et demi, et son diamètre est de 8 millim. La chaîne peut ainsi se plier sur une poulie ou molette, dont le contour serait garni de dents qui s'engageraient entre les fuseaux ou goupilles, tandique les maillons se coucheraient sur les rebords de la poulie. Chaque maillon pèse 14 grammes,

et chaque goupille d'une chaîne à 8 maillons (4 de chaque côté) pèse 26 grammes. Les fuseaux sont tous parfaitement dressés et ronds, trempés à la surface, et assez revenus pour qu'on puisse les river; ils sont ajustés dans les œillets sans le moindre ballottement.

Diverses améliorations ont été faites depuis dans la construction de cette chaîne.

Modifications faites aux premières formes adoptées

1°. On a substitué à la tôle du fer ruban ayant même épaisseur que les maillons, et dont la largeur est seulement suffisante pour contenir une série de maillons qui sont découpés dans le fer à l'emporte-pièce. Comme les maillons doivent être chargés dans le sens de leur longueur, ils présentent une résistance à la rupture beaucoup plus grande, quand ils sont ainsi découpés dans du fer ruban, que dans une pièce de tôle qui est étirée dans les deux sens.

2°. Les épreuves, auxquelles on a soumis des bouts de chaîne dont les maillons avaient la forme et les dimensions indiquées plus haut, ont fait voir, ainsi qu'on devait s'y attendre, que, lorsque la chaîne était chargée de poids augmentant progressivement jusqu'à ce qu'un maillon fût rompu, la rupture avait toujours lieu autour de l'œillet recevant l'axe de la goupille.

Résistance de la chaîne à la rupture.

Un bout de chaîne, faite avec du fer ruban provenant des usines de Fourchambault, de 0m,634 de longueur, était formé de maillons, semblables à ceux que nous avons décrits, et réunis par des goupilles de 7 millim. de diamètre. Les chaînons avaient alternativement 1 et 2 maillons, de sorte que la chaîne devait rompre sous le poids nécessaire pour rompre un seul maillon. L'essai

a été fait le 23 mai 1832, à l'atelier central des ponts à bascule.

On a soumis la chaîne aux charges progressives suivantes :

600 kil.
800
880
896
912
1000
1024

Un maillon a rompu sous cette dernière charge de 1024 kilogrammes. Le maillon rompu est représenté, *fig.* 10; la fracture suivant *mn* est nette, les fibres suivant *mn* ont glissé sur les fibres contigus. Près des bords *i* K, *i'* K de la cassure, il y a eu amincissement et déchirure du fer, une crique en *i''*. La chaîne n'a commencé à s'allonger sensiblement que sous un poids très-voisin de celui qui a produit la rupture, et les maillons qui n'ont point été rompus ne paraissaient pas sensiblement allongés après l'épreuve.

On a enlevé le maillon cassé, en faisant sauter deux goupilles, et on a remis le reste de la chaîne en expérience. On l'a chargée progressivement jusqu'à 1056 kilogrammes. Sous cette dernière charge, la pièce de fer, par laquelle la chaîne était terminée pour qu'on pût la charger de poids, a rompu sans qu'aucun des maillons fût altéré. On a changé cette pièce et remis la chaîne en expérience; on l'a chargée de prime-abord de 1000 kilogrammes, qu'on a laissés pendant environ un quart d'heure; puis on a augmenté la charge progressivement par parties de 8 kilogrammes chaque fois. La charge totale a été poussée ainsi jusqu'à 1128 kilogrammes. Sous cette dernière

charge, un maillon a rompu au bout d'une minute à peu près. La rupture s'est faite absolument comme la première fois : le maillon rompu s'était ouvert autour d'un des œillets destinés à recevoir la goupille.

Les maillons de la chaîne ainsi essayée étaient fabriqués avec du fer ruban mince, ayant même épaisseur et même largeur que les maillons. La section de chacun d'eux étant de 31 millim. carrés, on voit que la charge qui a occasioné la rupture a été de $\frac{1128^{\text{kil.}}}{31} = 36^{\text{k}},387$. par millim. carré.

Dans des expériences antérieures, faites sur une chaîne dont les maillons avaient été fabriqués avec de la tôle laminée, la charge qui avait occasioné la rupture ne s'est élevée qu'à 1030 kilogrammes; mais toujours les maillons ont rompu de la même manière, en s'ouvrant près des œillets.

La rupture ayant toujours lieu dans la partie du maillon voisine de l'œillet, il était évident que l'on augmenterait la résistance de la chaîne, en augmentant le diamètre des cercles concentriques aux œillets qui terminent les maillons. Comme d'ailleurs les goupilles offrent une résistance à la rupture beaucoup plus considérable que celle des maillons, on pouvait réduire un peu leur diamètre; en conséquence, dans les nouvelles chaînes construites par M. Galle, on a réduit le diamètre des goupilles de 7 à 6 millimètres, et l'on a donné aux maillons les dimensions suivantes :

Épaisseur	$2\frac{1}{4}$ millim.
Largeur au milieu.	16
Diamètre des œillets qui reçoivent les goupilles.	6

Diamètre des cercles, concentriques aux œillets, qui terminent les maillons. . . . . 24 $\frac{1}{2}$

Un bout de chaîne semblable, dont les chaînons étaient formés alternativement de deux et d'un seul maillon, composée de 19 chaînons, a été essayée le 24 septembre 1833, à l'atelier des ponts à bascule. Le fer était le même que celui de la chaîne essayée le 23 mai 1832. Elle a été chargée de poids, croissant progressivement jusqu'à 1200 kilogrammes. Après l'avoir laissée 4 minutes sous cette charge, on a ôté les poids et on a mesuré la longueur de la chaîne qui avait été mesurée une première fois avant d'être mise en expérience. On a trouvé que l'allongement était de 4 millimètres pour une longueur de chaîne égale à 482 millimètres, c'est-à-dire de $\frac{1}{120\frac{1}{2}}$ de la longueur primitive. On a alors remis la chaîne en expérience, et, après l'avoir immédiatement chargée de 1200 kilog., on a ajouté successivement des poids de 8 kilog. Les charges successives ont été de 1208, 1216, 1224 et 1232 kilog. Un maillon s'est rompu sous cette dernière charge en s'ouvrant autour de l'œillet, de la même manière que dans les essais faits sur le premier modèle. Résistance de la chaîne à la rupture.

En examinant la chaîne après la rupture, on a reconnu que quelques œillets avaient été aggrandis par la charge; car les goupilles, qui étaient d'abord parfaitement ajustées, ne remplissaient plus exactement les œillets.

Après avoir enlevé le maillon cassé, on a remis en expérience le reste de la chaîne qui a été immédiatement chargé de 1200 kilog. La charge a été ensuite augmentée par des poids addition-

nels de 8 kilog. à la fois. La rupture a eu lieu sous la charge de 1264 kilog.

Un maillon était rompu de la même manière que dans tous les autres essais, autour d'un œillet.

En examinant avec soin les goupilles, on n'y a pas reconnu la plus légère altération.

Un autre bout de chaîne de même longueur et du même modèle, construit avec du fer des Pyrénées, a été essayé de la même manière; mais la rupture a eu lieu deux fois sous une charge de 1080 kilog. Le maillon a été encore rompu de la même manière que dans tous les autres essais, autour de l'un des œillets; seulement le secteur s'est ici complétement détaché du reste du maillon.

La grande différence de tenacité entre les deux chaînes faites avec des fers différens fait voir combien il est important de n'employer dans la fabrication de ces chaînes que des fers doux et nerveux, dont on pourra d'ailleurs constater la tenacité par des essais préalables. On peut admettre que, pour des fers semblables, la charge occasionant la rupture d'un seul maillon ne sera pas inférieure à 1200 kilog., et que, dans la pratique, il y aura sécurité complète toutes les fois que la charge *maximum* que chaque maillon aura à supporter (y compris le propre poids de la chaîne) ne dépassera pas le tiers de cette charge, c'est-à-dire 400 kilog. Il faut bien remarquer que cette charge *maximum* ne sera pas permanente et sera supportée seulement par les maillons au moment où ils arriveront près de la poulie qui portera la chaîne sans fin.

3°. Au lieu de former la chaîne de deux par-

ties parallèles séparées par les portions renflées des goupilles, entre lesquelles peuvent s'engager des dents implantées sur le contour d'une poulie, on peut rapprocher les maillons les uns des autres, et placer alors la chaîne sur une poulie ondée et à rebords. Pour peu que la chaîne ait de longueur, le frottement suffira pour l'empêcher de glisser sur le contour de la poulie ondée, quand même la partie montante serait chargée d'un poids très-considérable (*voir* la note qui suit ce mémoire). Cette disposition a plusieurs avantages : elle simplifie la construction de la poulie, rend beaucoup plus facile le montage et le démontage de la chaîne, ce qui permettra de vérifier souvent l'état des goupilles, quand elle sera mise en œuvre; le poids est aussi un peu diminué par la suppression d'une portion des goupilles.

Dans la chaîne formée de maillons ainsi rapprochés, les chaînons sont formés alternativement d'un nombre pair et impair de maillons, de la manière représentée dans la *fig.* 4. Si, par exemple, le chaînon A a 8 maillons, le chaînon B en aura 9. Pour que tous deux offrissent une résistance égale à la rupture, il faudrait tenir les maillons du chaînon B moins épais que ceux du chaînon A dans le rapport de 8 à 9; mais, comme la nécessité d'avoir des maillons de deux épaisseurs différentes pourrait occasioner de la confusion dans le montage de la chaîne, on a préféré conserver la même épaisseur à tous, malgré l'inconvénient d'augmenter un peu le poids.

Les crochets pour recevoir les cuveaux montans et descendans sont doubles, et fixés à la chaîne

par deux goupilles et autant de maillons qu'il y en a dans un chaînon de la chaîne. La *fig.* 6 représente un de ces crochets, fixé à la chaîne et projeté sur un plan vertical parallèle au plan de la chaîne sans fin. La *fig.* 7 représente le même crochet projeté sur un plan perpendiculaire au premier, de manière à faire voir les 9 maillons *a*, *a*, *a*, etc., par lesquels il tient à la chaîne. Ces maillons sont réunis au corps du crochet par une queue d'hironde *q*, et brasés avec soin. MN, MN sont des petits loquets en fer, tournant à charnière autour des points *o*, *o*, retenus par des clavettes mobiles qui entrent dans les œillets *p*, *p* servant à fermer le crochet auquel sont suspendus les cuveaux.

Détermination du poids de la chaîne par mètre courant et poids dont elle peut être chargée.

Un bout de chaîne du nouveau modèle, ayant 1 pied de longueur et 12 chaînons formés alternativement de 8 et de 9 maillons, a pesé $1^k,80$; par conséquent, le mètre courant d'une chaîne semblable pèsera $5^k,55$. Cette chaîne peut être chargée en toute sécurité de 400 kilog. par maillon, c'est-à-dire de $8 \times 400 = 3200$ kilog., y compris son propre poids.

On peut, d'après les données précédentes, former le tableau suivant des poids et des résistances des chaînes composées d'un nombre variable de maillons.

NUMÉROS des chaînes.	NOMBRE de maillons composant les chaînons	POIDS du mètre courant en kilogr.	CHARGE que peut supporter la chaîne dans la pratique en kilog.
n°. 1	6 et 7	4,26	2400
n°. 2	7 et 8	4,90	2800
n°. 3	8 et 9	5,55	3200
n°. 4	9 et 10	6,20	3600
n°. 5	10 et 11	6,86	4000
n°. 6	11 et 12	7,51	4400

Admettons que la partie ascendante de la chaîne soit chargée de 1000 kilog. de minerai à extraire, et que le poids des vases et des crochets s'élève au tiers du poids du minerai, ou 333 kilogrammes; la charge totale ajoutée à la partie ascendante de la chaîne, sera de 1333 kilog., ou, en nombres ronds, 1340 kilog.

Cela posé, il est facile de déterminer le numéro de la chaîne qu'il faudra employer pour des puits d'une profondeur donnée.

Par exemple, si la distance de la poulie supérieure au rouleau inférieur est de 100 mètres, on verra que 100 mètres courans de la chaîne n°. 1 pèseront 426 kilog.: telle sera donc la charge des chaînons supérieurs due au propre poids de la chaîne. Ajoutant à cela la charge due au poids

du minerai et des vases, évaluée ci-dessus à 1340 kilog., on trouve une somme de 1766 kilog., tandis que la résistance de la chaîne n°. 1 est de 2400 : ainsi on peut employer dans ce cas la chaîne n°. 1.

Si la distance de la poulie supérieure au rouleau inférieur est de 200 mètres, on pourra employer la chaîne n°. 2; car 200 mètres courans de cette chaîne pèsent 980 kilog., qui, ajoutés à 1340, font 2320, nombre inférieur à 2800, qui exprime la charge que peut porter la chaîne n°. 2.

On trouvera de même que la chaîne n°. 3 conviendra, lorsque la distance de la poulie supérieure et du rouleau inférieur sera de 300 mètres.

Pour une distance de 350 mètres, la chaîne n°. 4 devra être employée.

Pour une distance de 400 mètres, il faut passer à la chaîne n°. 6.

Enfin, si la profondeur des puits dépassait 400 mètres, on ne gagnerait plus que peu de chose à augmenter le nombre des maillons, parce qu'on augmente en même temps le poids de la chaîne que doivent supporter les chaînons supérieurs : il faudrait donc alors continuer d'employer pour des profondeurs supérieures la chaîne n°. 6, en diminuant le poids du minerai et des vases dont on chargerait la partie ascendante. Ainsi, en admettant une longueur totale de 500 mètres pour la moitié de la chaîne sans fin, et prenant le numéro 6, 500 mètres pèseront 3755 kilogrammes. Le poids *maximum* dont les chaînons peuvent être chargés dans la pratique ne devant pas dépasser 4400 kilog., il faudra que le poids du minerai élevé et des vases suspendus à la partie ascendante

de la chaîne ne dépasse pas 645 kilog. Dans le cas extrême que nous considérons, on pourrait encore suspendre 500 kilog. de minerai à la chaîne, en admettant que les vases et les crochets ne pèsent que 145 kilog., ce qui peut être suffisant.

On voit, au reste, que l'emploi de la chaîne sans fin est plus avantageux pour les puits dont la profondeur est au-dessous de 400 mètres que pour ceux qui sont plus profonds. Néanmoins, dans ce dernier cas, elle peut encore être substituée avec succès aux câbles en chanvre, parce que la construction de la machine permet d'imprimer sans danger à la chaîne sans fin une vitesse supérieure à celle des câbles.

Les *fig.* 1 et 2, *Pl. VIII*, représentent une projection horizontale, et une section verticale de la machine d'extraction, et de ses dépendances. Les mêmes lettres désignent, dans la coupe et le plan, les mêmes objets. Description de la machine d'extraction.

A, A, etc., puits vertical : nous l'avons supposé circulaire, et de 3 mètres de diamètre intérieur.

B, B, B, demi-lune ou mur construit suivant une portion de cercle se raccordant tangentiellement aux murs longitudinaux C du hangar qui recouvre la machine. Ce mur est élevé de 2 à 3 mètres au-dessus du sol environnant MN, sur lequel on dépose les charbons extraits.

D, D, D, pièces de bois transversales parallèles au plan de la poulie ondée P, P, et également distantes du diamètre du puits qui se trouve au-dessous de cette poulie. La face supérieure de ces pièces est au-dessous du plan de l'orifice du puits ; leurs extrémités sont emmuraillées dans le mur d'enceinte ; leur distance est déterminée

par la dimension et l'écartement des cuveaux Q, Q.

E, E, seuils en bois qu'il sera convenable de recouvrir d'une plaque de fonte, posés sur les pièces D, D, et dont la face supérieure est, ainsi que la face supérieure de la pièce F, F, dont il sera parlé ci-après, dans le plan de l'orifice du puits. Les extrémités de ces pièces peuvent se prolonger au delà de celles D, D, sur lesquelles elles sont posées, et pour les maintenir en place d'une manière invariable il conviendra de les lier à la maçonnerie du puits par quatre tirans en fer noyés dans cette maçonnerie sur une profondeur de 2 mètres environ, et terminés par un pas de vis et un boulon.

FF, pièce de bois placée en travers du puits reposant à la fois sur le sol et sur les pièces D, D, et dont la face supérieure est dans le plan de l'orifice du puits.

Sur les pièces D, D, et entre les pièces FF et EE, EE, on placera d'autres pièces de bois, boulonnées avec D, D, remplissant tout l'espace compris entre ces dernières, et dont les faces supérieures seront aussi dans le plan de l'orifice du puits, qui sera ainsi un rectangle coupé dans le milieu par la pièce FF.

Des madriers jointifs, appuyés par une de leurs extrémités sur des points pris à la paroi intérieure du puits, et par l'autre fixés aux pièces DD et EE, formeront un tronc de pyramide quadrangulaire servant à raccorder le muraillement circulaire avec l'orifice rectangulaire.

GG, GG, pièces de bois emmortaisées sur la pièce fondamentale FF.

H, pièce verticale emmortaisée également sur FF.

II, pièce horizontale supportée par GG, GG et H.

KK, siége en fonte portant la poulie PP et son axe.

PP, poulie à rebords, et ondée de manière à ce que les chaînons successifs de la chaîne pliée sur sa gorge en remplissent exactement les ondes.

aaa, axe de la poulie P, P, porté sur trois coussinets situés en *c*, *c* et *d*.

R, roue dentée plane montée sur l'axe *aa*.

S, roue à jante en bois sur laquelle est placé un frein, montée sur le même axe.

rr, roue à rochet contiguë à la roue du frein.

La *figure* 3 fait voir la roue sur laquelle presse le frein, la roue à rochet contiguë, le contre-poids *p* qui tient la pièce de fer *dg* appuyée sur le contour de la roue à rochet, enfin le frein qui entoure la roue, et le levier garni de contre-poids qui sert à le serrer. Le frein est un cercle en fer appliqué sur le contour de la roue.

Dans les pièces EE, EE, et au-dessus de DD, sont emmortaisés deux montans verticaux LL, réunis par deux traverses horizontales T, T'. La traverse supérieure T' porte le palier *d* de l'axe *aaa*; la traverse inférieure T, qui peut être soutenue par un appui vertical placé sous le milieu de cette pièce et emmortaisé dans F, F, porte le palier *f* de l'arbre *bbb*.

bbb, arbre du volant de la machine à vapeur servant à l'extraction, ou tout autre arbre horizontal recevant du moteur, quel qu'il soit, un mouvement de rotation qu'il transmet à la poulie.

R'. roue dentée engrenant avec R.

Cette roue R' est folle sur l'axe *bbb*, et peut être embrayée ou débrayée à volonté au moyen du manchon *m* glissant sur l'axe. Le rapport des diamètres des roues dentées R et R' est déterminé par la vitesse de l'arbre tournant *bb*, et par celle que l'on veut donner à la chaîne sans fin. Celle-ci peut être portée sans inconvénient à un mètre par seconde.

Q, Q, cuveaux montans suspendus aux deux extrémités de la traverse *tt*, qui est elle-même attachée à l'un des crochets de la chaîne par un anneau, ainsi qu'on le voit *fig.* 6 et 7.

n, pièce de fer soudée en arrière de la traverse *t*, *t*.

Quand les deux cuveaux ont dépassé le plan de l'orifice du puits, et sont arrivés à la position où ils sont représentés dans la figure, la pièce *n* vient soulever la branche *l* du levier coudé *lgl'* tournant autour du point fixe *g*. L'autre branche du même levier tire, au moyen de la tringle *h*, le levier *kk*, tournant autour du point fixe *x*, et portant un collier qui embrasse le manchon mobile *m*. Celui-ci est entraîné ainsi par le levier *kk*; et le débrayage a lieu. La poulie PP cesse de tourner sans qu'il soit nécessaire pour cela que le moteur s'arrête. Les axes des pièces *kk*, *h* et *l* sont représentés par des lignes ponctuées *k*, *k*, *h*, *l*, dans la position qui a précédé celle du débrayage.

m', manche servant à embrayer et débrayer à la main.

Le levier coudé *ll'* et le manche *m'* sont fixés sur un axe mobile projeté en *g* et porté par les montans verticaux L, L. Le point fixe *x* est attaché à la traverse supérieure T'.

Y, mât garni de palans servant à enlever les

cuveaux. On saisit, avec le crochet du palan inférieur de la mouffle, l'anneau de la traverse $t\,t$.

Z, poulie dont l'axe horizontal est supporté par une chappe tournant autour d'un axe vertical.

XXX, chemin en fer placé à la hauteur de l'axe de la poulie PP, sur lequel circule un petit chariot $\alpha\alpha$ servant à transporter les cuveaux vidés de l'autre côté de la poulie PP, pour les accrocher à la partie descendante de la chaîne sans fin.

Le chemin de fer a une légère inclinaison du côté du puits, de sorte que le chariot abandonné à lui-même descend seul de ce côté; mais un contre-poids V remonte le chariot vide vers l'extrémité opposée du petit chemin de fer. Les cuveaux vides sont accrochés à un système de mouffles fixé en-dessous du chariot, ainsi qu'on le voit dans la figure. Le poids de ces cuveaux vides doit suffire pour faire descendre le chariot vers le puits, en entraînant le contre-poids V, qui doit être déterminé en conséquence, ainsi que l'inclinaison du chemin.

Le chariot vient s'arrêter contre un point fixe placé de telle manière que la corde de la mouffle se trouve dans le même plan vertical que la chaîne sans fin; l'ouvrier pousse alors avec la main les cordons de la mouffle tout près de la chaîne, et accroche les cuveaux à un des crochets qui se trouve dans la position convenable pour les recevoir.

Nous n'ajouterons que quelques mots sur la manœuvre des ouvriers et la disposition des crochets le long de la chaîne sans fin.

Admettons qu'un puits ait 200 mètres de profondeur verticale depuis l'orifice jusqu'à la place d'accrochage; supposons que l'axe de la poulie

ondée PP soit à 7 mètres au-dessus du plan de l'orifice, et que la poulie ait 1^{m},50 de diamètre, il faudra que le puits soit creusé au-dessous de la place d'accrochage à une profondeur au moins égale à la hauteur du sommet de la poulie au-dessus du plan de l'orifice du puits, hauteur qui, d'après les données que nous avons adoptées, est de 7^{m},75 : cela est nécessaire afin de pouvoir placer, au-dessous de la place d'accrochage, un rouleau de renvoi qui pourra être tout simplement en bois, mais qui aura même diamètre que la poulie PP, pour maintenir l'écartement des deux parties de la chaîne, et dont l'axe soit situé à 7 mètres au-dessous de la place d'accrochage, comme l'axe de la poulie P est à 7 mètres au-dessus de l'orifice du puits. Si, de plus, il y a de l'eau dans le puits, comme cela a lieu presque toujours, il faudra que le puisard soit creusé au-dessous des 7^{m},75 dont nous venons de parler, et que le niveau de l'eau y soit toujours maintenu assez bas, soit par un orifice d'écoulement, soit par des pompes d'épuisement, pour que le bas de la chaîne ne trempe pas dans l'eau de ce puisard. Il y aurait à cela des inconvéniens graves, surtout dans les mines où les eaux sont acides et corrosives.

La longueur de la chaîne sans fin, pour un puits semblable, sera déterminée, d'après les données précédentes, ainsi qu'il suit :

2 fois la profondeur du puits.	400^{m},0
2 fois la hauteur de l'axe de la poulie au-dessus de l'orifice du puits. . .	14^{m},0
2 fois le contour de la moitié de la poulie $\frac{22}{7} \times 1^{m},50$.	4^{m},7
Total.	418^{m},7

Il faut ensuite disposer les crochets le long de cette chaîne, de façon que, lorsque deux cuveaux pleins arriveront à l'orifice du puits, et que le débrayage aura lieu, deux cuveaux vides arrivent, en même temps, sur le plancher d'accrochage au fond du puits. Il suffira évidemment pour cela de fixer, à la chaîne, un nombre pair de crochets tous équidistans.

Quant au nombre de crochets, il dépendra du nombre de cuveaux pleins qu'on voudra attacher à la partie ascendante de la chaîne : ainsi, supposons que chaque cuveau contienne 100 kilog. de minerai, et qu'on veuille élever une tonne à la fois, il faudra alors qu'il y ait à la fois 5 crochets montans et un nombre égal de crochets descendans, en tout 10 crochets.

Cela posé, quand une paire de cuveaux pleins aura dépassé le plan de l'orifice, et que le débrayage aura lieu, une paire de cuveaux vides sera arrivée sur le plancher d'accrochage inférieur. L'ouvrier au jour décrochera donc les cuveaux pleins, en même temps que l'ouvrier du fond les cuveaux vides. Celui-ci avertira par un coup de sonnette que cette opération est terminée ; alors l'ouvrier au jour embrayera à la main et laissera tourner la poulie, jusqu'à ce que le même crochet auquel étaient accrochés les cuveaux pleins soit arrivé de l'autre côté de la poulie à la hauteur convenable au-dessus du plan de l'orifice, pour qu'on puisse y accrocher les cuveaux vides qui auront été amenés par le petit chariot α, α ; alors il débrayera de nouveau à la main, et accrochera les cuveaux vides. L'ouvrier du fond accrochera, pendant le même temps, deux cuveaux pleins au crochet qui aura dépassé le plancher d'accrochage,

et, quand il aura fini, il avertira par un coup de sonnette l'ouvrier du jour qu'il peut embrayer. Pendant l'opération de l'accrochage et du décrochage, la roue R′ étant débrayée on arrêtera la machine à vapeur ou le moteur quel qu'il soit, si ce moteur n'exécute pas un travail d'un autre genre. Dans le cas contraire, si, par exemple, il était en même temps employé à imprimer le mouvement à des tiges de pompe, comme cela devra souvent avoir lieu, il continuera d'exécuter ce second genre de travail. Si l'action du moteur doit être suspendue pendant le débrayage, il est facile d'adapter au système de débrayage une communication de mouvement qui arrête le moteur.

Nous n'avons indiqué dans la planche jointe à ce mémoire que les parties essentielles au mécanisme. Il est facile de suppléer à ce qui manque : ainsi les montans verticaux LL doivent être arcboutés ou reliés par des tirans en bois ou en fer, soit au bâtiment qui recouvrira la machine, soit au prolongement des semelles EE sur lesquelles ils sont emmortaisés.

La charpente qui porte la poulie peut aussi être arcboutée latéralement, bien que, à cause du poids considérable de la chaîne sans fin, il n'y ait qu'une bien faible tendance au renversement.

Résistance à la rupture d'une chaîne de 3 à 4 maillons.

Les épreuves relatives à la résistance des chaînes, rapportées dans ce mémoire, ayant toutes été faites sur des bouts de chaîne qui ne résistaient que par un seul maillon, nous avons voulu vérifier, par un essai direct, si la résistance à la rupture des chaînes ordinaires serait proportionnelle au nombre des maillons entre les-

quels la charge doit se répartir. A cet effet, deux bouts de chaîne du nouveau modèle, formés des chaînons alternatifs de 3 et 4 maillons, ont été essayés à l'atelier central des ponts à bascule de Chaillot. Le premier a été rompu par une charge de 3400 kilog. ou $1133^{k},33$ par maillon.

Le second bout a été rompu par une charge de 3800 kilog., ou $1266^{k},67$ par maillon.

La différence de résistance des deux bouts de chaîne, qui étaient l'un et l'autre exécutés en fer ruban tiré des usines de Fourchambault, est attribuée, par M. Galle, à ce que le fer, composant le premier bout, était presque d'épaisseur quand il est venu de la forge, tandis que le fer du second bout, qui était d'une épaisseur un peu trop forte, a été écroui sous les laminoirs de l'atelier de M. Galle, entre lesquels il a été passé pour l'amincir un peu. Cette opération paraîtrait avoir augmenté sa tenacité. Dans ces essais, la goupille, qui traversait les œillets des maillons rompus, a fléchi, mais sans se rompre; le fer des maillons s'était imprimé dessus. Les autres goupilles n'étaient point altérées.

La rupture des 3 maillons composant le chaînon rompu a eu lieu, comme dans la chaîne de 1 et 2 maillons, autour des œillets des maillons.

Si on prend la moyenne des deux résultats rapportés ci-dessus, on trouve, pour la résistance d'un chaînon formé de 3 maillons, 3600 kilog. ou 1200 kilog. par maillon, résultat très-rapproché de celui obtenu par les premiers essais, et qui prouve que la résistance est sensiblement proportionnelle au nombre des maillons.

Enfin, il en résulte encore qu'en fixant dans la pratique la charge maximum de la chaîne à

400 kilog. par maillon, nous n'avons pas dépassé le tiers de la charge qui occasionerait la rupture.

Emploi des chaînes à la manière des cordes plates.

La chaîne de M. Galle n'est pas seulement susceptible d'être employée comme chaîne sans fin, mais elle peut aussi être employée, à la manière des cordes plates, en la faisant s'enrouler, sur elle-même, dans une bobine à rebords élevés. Alors le poids à élever serait attaché à un crochet simple fixé à l'extrémité de la chaîne.

C'est de cette manière qu'elle peut être employée dans les galeries intérieures des mines, et dans les puits qui seraient creusés, en tout ou en partie, suivant l'inclinaison des couches ou veines. Elle devrait, dans ce cas, être supportée par des rouleaux de friction placés de distance en distance.

Ainsi, elle est susceptible de remplacer, et selon nous avec avantage, les câbles ronds ou plats en chanvre. Employée de la manière indiquée précédemment, elle sera certainement encore bien supérieure aux chaînes plates en fer employées sur plusieurs mines de houille d'Angleterre.

NOTE.

Sur l'effort nécessaire pour faire glisser les chaînes sur le contour de la poulie ondée.

Le contour du maillon est formé de 3 arcs de cercle qui ont leurs centres aux points a, a' et i. *Fig.* 11. *Pl. VIII.*

Les deux arcs cd et dm se raccordent en d et la tangente commune en d forme, avec la tangente IK, parallèle à l'axe du maillon, un angle égal au complément de l'angle bai.

Or, l'angle bai est facile à déterminer.

En effet, d'après les dimensions adoptées, le rayon

$$ad = 0^m,01225 = r.$$

la distance

$$a\,b = \frac{0^m,027}{2} = 0^m,0135 = d;$$

la distance $c\,b$ demi-largeur du maillon $= 0,008 = f$; Soit x le rayon $ci = cd$, on a,

$$(r + x)^2 = d^2 + (f + x)^2$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{d^2 + f^2 - r^2}{2\,r - 2\,f}.$$

Appelant i l'angle compris entre la tangente au point d et la ligne IK parallèle à $a\,a'$, on a :

$$\sin.\, i = \cos.\, b\,a\,i = \frac{d}{r + x} = \frac{d\,(2\,r - 2\,f)}{r^2 + f^2 + d^2 - 2\,f\,r}.$$

Substituant les valeurs numériques ci-dessus, on trouve

$$\sin.\, i = 0,57286,$$

et par conséquent

$$l.\sin.\, i = 9,75805.$$

Ce logarithme correspond dans les tables ordinaires à un angle de 34° 57′ donc $i = 34°\ 57'$.

Pour tracer la poulie ondée, il faut d'abord inscrire, dans un cercle d'un rayon égal à celui que l'on veut donner à la poulie, un polygone régulier dont les côtés soient égaux à la longueur commune $a\,a'$ des chaînons, puis, de chaque sommet du polygone comme centre, décrire une portion de circonférence de cercle ayant pour rayon $a\,d = 0^m,01225$, mener par le milieu b de chaque longueur $a\,a'$ une perpendiculaire à cette ligne sur laquelle on prendra une distance bi telle que

$$bi = x + f = \frac{d^2 + (r - f)^2}{2\,(r - f)} = 0^m,023566.$$

De chaque point i comme centre et avec le rayon ci-dessus, on décrira un arc de cercle qui viendra toucher les circonférences décrites précédemment des sommets du

polygone comme centres. Les arcs, ainsi décrits, se raccordant entre eux, formeront la surface ondée du fond de la gorge de la poulie sur laquelle la chaîne s'appliquera exactement.

Cela posé, soit $a\,a'$ l'axe d'un maillon placé sur la poulie, aB l'axe du maillon qui le suit. Supposons, pour ne pas compliquer inutilement la question, que les goupilles se réduisent à leur axe; la goupille a, étant tirée, dans le sens $a\,a'$, par une force donnée que nous représenterons par f, et dans le sens aB par une autre force que nous désignerons par f', cherchons quel doit être le rapport de ces deux forces pour que la première commence à l'emporter sur la seconde et à faire glisser la chaîne sur le contour de la poulie.

Le glissement ne peut avoir lieu, sans que le contour $d\,m$ des maillons commence à glisser sur la portion d'arc $d\,c$ décrit du point i comme centre : ainsi, dans le premier instant, les choses se passent comme si le contour dm ne touchait la gorge de la poulie qu'au point d situé sur la tangente commune aux deux arcs dm et dc, et formant, ainsi que nous l'avons déjà démontré, avec la ligne I K parallèle à $a\,a'$, un angle de 34° 57'.

Ainsi nous devons faire entrer dans l'équation d'équilibre les deux forces f, f' et le frottement qui s'exerce au point d.

Soit toujours i l'angle compris entre la tangente au point d et la ligne I K ou $a\,a'$.

Soit a, l'angle B D d, compris entre cette tangente et le prolongement de la ligne B a.

μ, le rapport du frottement à la pression P.

α, l'angle Daa', compris entre les axes de deux chaînons consécutifs.

Les équations d'équilibre seront évidemment :

$$f \cos. i = f' \cos. a + \mu P,$$
$$P = f \sin. i - f' \sin. a\,;$$

d'où l'on tire

$$\frac{f}{f'} = \frac{\cos. a - \mu \sin. a}{\cos. i - \mu \sin. i}.$$

Or, l'angle a est égal $i - \alpha$: ainsi l'équation précédente devient

$$\frac{f}{f'} = \frac{\cos. (i - \alpha) - \mu \sin. (i - \alpha)}{\cos. i - \mu \sin. i},$$

On prouvera, en raisonnant de la même manière, que, pour que la force f' dirigée suivant Ba fasse glisser le contour des maillons réunis par la goupille B, on doit avoir, en représentant par f'' la tension du chaînon qui suit celui dont l'axe est a B,

$$\frac{f'}{f''} = \frac{\cos. (i - \alpha) - \mu \sin. (i - \alpha)}{\cos. i - \mu \sin. i},$$

En définitive, il est clair que si un nombre n de chaînons sont à la fois en contact avec la poulie, si l'on désigne par P la tension d'un côté de la chaîne verticale et Q la tension de l'autre côté de la poulie, il faudra, pour que le glissement ait lieu que l'on ait,

$$\frac{P}{Q} = \left[\frac{\cos. (i - \alpha) - \mu \sin. (i - \alpha)}{\cos. i - \mu \sin. i}\right]^n,$$

(En supposant les goupilles réduites à leurs axes, nous avons négligé la résistance due au frottement des goupilles dans les œillets.)

Nous savons déjà que l'angle $i = 34° 57'$.

Quant à l'angle α, il dépend du diamètre de la poulie, ou plutôt de la circonférence passant par les axes de toutes les goupilles. Soit R le rayon de celle-ci : l'angle α a pour mesure l'arc sous-tendu par la corde $a\,a'$, longueur d'un chaînon dans la circonférence ci-dessus ; soit s cet arc. Nous aurons $\alpha = \frac{s}{R}$.

Or, si l'on suppose que $R = 0^m,75$, la corde $a\,a$ ayant seulement $0^m,027$ de longueur, ne différera pas sensiblement de l'arc s, et nous pourrons écrire

$$\alpha = \frac{s}{R} = \frac{0,027}{0,75} = 0,036.$$

L'angle α, exprimé en degrés sexagésimaux, sera égal à

$$360 \times \frac{0,036}{2 \times 3,14159265} = 2° 3' 26''.$$

En conséquence,

$$i - \alpha = 32° 53' 34''.$$

Nous prendrons le rapport μ du frottement à la pres-

sion égal à $\frac{1}{10}$ seulement pour être en dessous de la valeur réelle.

Enfin, nous trouverons le nombre n de maillons appliqués à la fois sur la poulie en divisant la longueur de la demi-circonférence par 0m,027. Nous aurons ainsi

$$n = 87.$$

En conséquence,

$$\frac{P}{Q} = \left[\frac{\cos. 32^\circ\, 53'\, 34'' - \frac{1}{10} \sin. 32^\circ\, 53\, 34''}{\cos. 34^\circ\, 57' - \frac{1}{10} \sin. 34^\circ\, 57\cdot}\right]^{87}.$$

$$\frac{P}{Q} = \left[\frac{0{,}812547}{0{,}790955}\right]^{87} = \left[1{,}027\right]^{87} = 10{,}15.$$

Comme le poids de la chaîne sera en général supérieur à celui du fardeau qu'elle aura à extraire, on voit que le frottement seul suffira pour empêcher le glissement sur la gorge de la poulie, sauf dans les cas où la chaîne serait très-courte.

NOTICE

Sur le gisement des divers minerais de cuivre de Sain-Bel *et de* Chessy (*Rhône*).

Par M. J.-A. RABY, ancien directeur des mines de Chessy.

§ Ier. MINES DE SAIN-BEL.

Lorsqu'on se rend de Lyon à Sain-Bel, en suivant une ligne à peu près droite, on traverse une petite montagne qui fait suite à la chaîne qui borde, au nord-ouest, le bassin houiller de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier. Le granite est la première roche d'ancienne formation qu'on rencontre, et il continue sans interruption jusqu'au faite de la montagne. Dans la longue descente qui conduit au village de Sain-Bel, lequel est situé sur la *Brevenne*, petite rivière qui coule du sud-ouest au nord-est, on observe une grande variété de roches : le granite passe d'abord au gneis, mais celui-ci disparaît bientôt et fait place au schiste micacé, lequel est accomgné de phyllade et d'une roche d'un vert plus ou moins foncé, dure, tenace, compacte, à cassure inégale, que les mineurs nomment *pierre de corne*, et qui paraît se rapprocher de l'*aphanite*; elle forme des couches dont l'épaisseur, très-variable, va quelquefois jusqu'à 20 ou 30 mètres, et qui alternent fréquemment avec des couches de schiste micacé et de phyllade. Elles sont, ainsi que ces dernières, dirigées du nord-est au sud-ouest, et presque verticales, au

point qu'elles oscillent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre de la verticale. Aux trois roches stratifiées que nous venons d'indiquer se mêle quelquefois, en couche parallèle, un schiste blanc, talqueux, très-tendre. C'est dans ce schiste que le minerai de cuivre pyriteux se trouve en veines contemporaines du terrain, et dirigées comme les feuillets de la roche.

Ce terrain, composé de micachiste, de phyllade, d'aphanite et de schiste talqueux, continue jusqu'à Sain-Bel, et s'étend bien au delà : mais, dans beaucoup de points, il est recouvert de divers terrains secondaires. MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, dans la carte géologique de la France, ont compris ces roches stratifiées dans le groupe des terrains anciens.

Les gisemens qu'on a trouvés jusqu'à présent, aux environs de Sain-Bel, sont :

1°. Celui de *Chevinay*, épuisé depuis longtemps, qui a fourni un minerai contenant 30 pour 100 de cuivre ;

2°. Celui du *Pylon*, également épuisé, dont le minerai rendait 20 pour 100 ;

3°. Celui de *Sourcieux*, qui, après avoir été exploité pendant huit ans, a été ensuite abandonné parce que le minerai était trop maigre ;

4°. Enfin, celui du *Gervais*, que nous avons trouvé il y a cinq ans, et qui fournit un minerai, de la richesse de 6 à 7 pour 100, avec lequel on alimente à présent l'usine de Sain-Bel. Ces quatre mines sont toutes situées, dans la vallée de la Brevenne, sur le versant oriental.

Le minerai de cuivre pyriteux se trouve, avonsnous dit, dans le schiste blanc talqueux; mais cette roche est loin d'en renfermer partout où

elle se présente, même aux environs de Sain-Bel; en sorte qu'on ne peut la considérer que comme un indice très-éloigné. Elle est souvent mélangée de pyrite de fer, disséminée en parcelles, en rognons, ou en veines, et on a remarqué que cette pyrite accompagne toujours le minerai, qu'elle lui sert quelquefois de chapeau ou de toit, et qu'alors elle donne à l'essai des traces de cuivre: aussi, lorsqu'on en trouve dans le schiste blanc, avec ce dernier caractère, on n'hésite pas à entreprendre des recherches: c'est d'après de pareils indices que nous avons été conduits à la découverte de la mine du *Gervais*.

§ IIe. MINES DE CHESSY.

L'exploitation et l'usine de Chessy sont situées à deux lieues au nord-est de Sain-Bel, sur la rive gauche de la rivière d'Azergues, dont le cours va du nord-ouest au sud-est. On y a exploité, à diverses époques, quatre espèces de minerais.

1°. La *mine jaune* composée de sulfures de cuivre et de fer: on en a toujours distingué deux variétés; l'une, d'un blanc jaunâtre, contient moyennement 6 pour 100 de cuivre; l'autre, d'un jaune beaucoup plus foncé, rend de 15 à 20 pour 100. Ces deux variétés sont ordinairement mêlées, et ne peuvent être séparées que par le triage qui donne deux tiers de mine maigre pour un tiers de mine riche.

2°. La *mine noire*: c'est du deutoxide de cuivre intimement mêlé de pyrites de cuivre et de fer, de silice et de quelques autres substances en moindre proportion. Elle a été décrite et analysée par M. Thibaud (*Annales des mines*, Ire. *Série*,

T. V, p. 520). Elle constituait des masses plus ou moins volumineuses, rendant moyennement 15 pour 100. A cette espèce se rapporte une variété, que je nommerai *mine grise*, dont j'ai trouvé une masse il y a cinq ans et qu'on exploite depuis lors: sa richesse moyenne n'est que de 6 pour 100: elle a l'apparence d'un schiste grisâtre, à feuillets courts et épais, renfermant une plus ou moins grande quantité de pyrite de fer, de sulfure et de deutoxide de cuivre.

3°. La *mine rouge*: protoxide de cuivre disséminé en lamelles et en cristaux dans une argile rouge. Ce minerai, tel qu'on le sort des travaux, ne rend que 2 pour 100 de cuivre, mais en le passant au bocard et aux tables à secousses, on obtient un *schlich* de la richesse de 70 pour 100.

4°. La *mine bleue*: c'est du cuivre carbonaté bleu, ou vert, très-pur quand il est cristallisé; mais quand il est disséminé en morceaux irréguliers ou qu'il constitue des veines, il est presque toujours mélangé de sulfure et d'oxide du même métal. M. Cordier en a décrit les caractères minéralogiques (*Annales des mines*, *I*re. *Série*, *T. IV*, *p.* 16.) Ces quatre espèces de minerais ont des rapports remarquables de gisement et d'origine.

Du fond de la vallée de l'Azergues, le terrain s'élève des deux côtés en pente plus ou moins rapide. Il est découpé par un grand nombre de ruisseaux, et il présente vers le sud-ouest une succession de collines et de plateaux, par lesquels il se rattache au groupe des montagnes de Tarare; tandis qu'au nord-ouest il s'élève graduellement jusqu'au faîte de la chaîne, qui est à peu près parallèle au cours

de la Saône, et traverse le Beaujolais, le Maconnais, etc.

La *fig.* 3, *Pl. IX*, extraite de la carte géologique de France, fait connaître les relations du terrain ancien et des terrains secondaires, dans la contrée de Chessy et de Sain-Bel.

Les roches anciennes des environs de Chessy appartiennent à la même formation que celles de Sain-Bel : on y voit l'aphanite et les schistes dont nous avons parlé. Elles paraissent au jour dans quelques endroits; dans d'autres elles sont recouvertes par le grès bigarré et par le calcaire jurassique. Ces deux derniers terrains sont souvent superposés l'un à l'autre; ils sont quelquefois séparés et ne sont recouverts par aucun terrain secondaire plus moderne, mais seulement par quelques lambeaux de terrain tertiaire.

On peut voir la suite du terrain ancien schisteux, du grès bigarré et du calcaire jurassique, en face de Châtillon et de Chessy, en suivant la rive droite de l'Azergues, depuis le pont de Lozanne jusqu'au sommet de la colline d'Oncin. On trouve d'abord des phyllades et des schistes d'un vert foncé, qui passent à l'aphanite sur quelques points. Viennent ensuite sept à huit couches assez épaisses d'un grès très-quartzeux, peu micacé, avec des grains de feldspath terreux, dont les premières alternent avec des veines d'argile, et les dernières avec les couches qui commencent la formation jurassique. Celle-ci se développe sur une assez grande échelle et présente la série suivante : 1°. Un calcaire compacte jaunâtre, avec peu ou point de coquilles; 2°. le calcaire à gryphites; 3°. le calcaire à belemnites, accompagné de couches de marnes et d'argile; 4°. le calcaire oolitique;

5°. enfin, le calcaire qui forme le sommet de la colline d'Oncin : il est jaune rougeâtre, tendre, à cassure un peu terreuse; il renferme beaucoup de coquilles en petits fragmens; et on y trouve, surtout dans les assises supérieures, des nodules et des veines minces et peu suivies de de silex : le calcaire est exploité comme pierre de taille.

Les travaux de la mine de Chessy se sont développés à la jonction des terrains secondaires et du terrain ancien, partie dans les premiers et partie dans le second. L'aphanite paraît au jour et forme en cet endroit une masse considérable, dans laquelle il n'y a pas de stratification distincte. C'est cette roche qui supporte le terrain secondaire, mais le plan de jonction est presque vertical, et toutes les couches de grès viennent s'y appuyer par leurs extrémités. Leur inclinaison moyenne est de 45°., elle diminue un peu en allant du mur au toit. Leur direction est du nord-est au sud-ouest. Les premières couches calcaires se prolongent jusqu'auprès du terrain de transition, et recouvrent presque entièrement le terrain de grès, en sorte que celui-ci se termine en forme de coin (*Pl. IX, fig.* 1). Le passage du grès à la formation jurassique est marqué par plusieurs couches minces d'argile, qui alternent, en stratification concordante, avec pareil nombre de couches, également minces, de calcaire.

Le terrain de grès ne repose pas immédiatement sur l'aphanite : il y a, entre deux, une épaisseur moyenne de 20 mètres, presque entièrement occupée par une roche d'un blanc grisâtre, qui se divise en feuillets courts et épais, disposés si irrégulièrement qu'on ne peut pas dire qu'elle

soit stratifiée. La substance qui la compose paraît être, à peu près, de même nature que l'aphanite; mais il s'y mêle un peu de mica, et une quantité variable de pyrite de fer disséminée en grains et en veinules. Les feuillets sont souvent séparés par des lames d'argile blanche, douce au toucher, sans cohésion, et ce fait est d'autant plus marqué qu'on se rapproche plus du grès; le plus souvent, la roche blanche se termine, même de ce côté, par un mélange d'argile et de fragmens de la roche même. Nous avons reconnu, au contraire, par diverses galeries, que, du côté du terrain de transition, elle passe peu à peu à l'aphanite. Elle appartient donc à la même que celle-ci; mais ses caractères indiquent qu'elle a subi dans quelques-unes de ses parties, une désagrégation progressive, en allant du mur au toit. Après cette roche, vient encore, avant le grès, une veine presque verticale, de l'épaisseur de 2 à 4 mètres, composée d'argile rougeâtre mêlée de fragmens anguleux de quartz et d'aphanite. Elle commence au jour, et nous avons cru reconnaître qu'elle se termine en coin dans la profondeur. Il est évident, d'après ses élémens et sa position, qu'elle est de formation plus moderne que le terrain sur lequel elle repose, et qu'elle n'a pas pu se déposer en même temps que le grès dont elle croise toutes les couches. Nous croyons qu'elle est postérieure à ce dernier terrain et à celui de calcaire, et qu'elle n'a fait que remplir une fente ouverte par l'affaissement de leurs assises, tandis qu'elles étaient encore molles.

Enfin, nous avons remarqué qu'aux affleuremens des couches de grès, et surtout des premières couches calcaires, il existe des dépôts

d'argile rougeâtre, mêlée de gros cailloux roulés. Ils sont peu étendus et de forme irrégulière; quelques-uns se prolongent plus ou moins entre les couches calcaires, et ne présentent qu'une suite de renflemens et de dépressions.

On a exploité du minerai dans chacune des roches dont nous venons de parler, mais les espèces y sont séparées et pour ainsi dire classées. (Voyez la *Pl. IX*, *fig.* 1 *et* 2).

La *mine jaune* (sulfures de fer et de cuivre) ne s'est trouvée que dans l'aphanite; elle y formait une seule grande masse qui commençait à quelques mètres de la surface, et se terminait en pointe à 200 mètres de profondeur; elle était aplatie à peu près suivant la direction des couches du terrain secondaire; et plongeait vers ce terrain sous un angle de 60°; sa plus grande section horizontale, prise à la profondeur d'une vingtaine de mètres, avait à peu près 15 mètres de largeur sur 120 de longueur. Entre le plan supérieur ou *toit*, et le terrain secondaire, il y avait, du côté du sud, une assez grande épaisseur d'aphanite; cette épaisseur allait en diminuant vers le nord, et, au bout des travaux de ce côté, il n'y avait presque plus que la roche grisâtre dont nous avons parlé. Ainsi la masse du minerai était entourée, de tous côtés, d'aphanite; mais le passage du minerai à la roche n'était pas indiqué par des *salbandes* comme dans les filons, les deux substances y étaient intimement mêlées, et elles s'y remplaçaient par la diminution progressive de l'une d'elles. Le même mélange avait souvent lieu dans l'intérieur même de la masse; alors le minerai n'y formait que des veinules qui se croisaient en tous sens, quelquefois il disparaissait entiè-

rement, et on rencontrait des parties composées d'aphanite avec ses caractères ordinaires, sans remarquer aucune solution de continuité. Ces faits prouvent suffisamment que cette roche et la mine jaune qu'elle renferme sont de formation contemporaine.

La *mine noire* existait dans la roche grisâtre comprise entre l'aphanite et le terrain de grès; elle y formait plusieurs rognons tous situés près de la surface, à peu près sur une ligne parallèle aux couches secondaires. Le rognon le plus volumineux dont les ouvriers aient gardé le souvenir, a eu 3 mètres d'épaisseur, 5 de largeur et 12 de longueur. Nous n'avons pas vu la *mine noire* en place; mais la masse de *mine grise* actuellement en exploitation, et qui est plus considérable qu'aucun des gîtes de *mine noire* se trouve dans les mêmes circonstances géologiques. Or, tout ce que nous avons dit des rapports de la *mine jaune* avec l'aphanite, a lieu pour la *mine grise* et la roche qui la renferme (du moins dans la partie moyenne et inférieure du gisement) : ces deux dernières sont donc aussi contemporaines; et on doit, par analogie, rapporter, au même âge, les rognons de *mine noire* exploités autrefois; or, nous avons dit plus haut que la roche grise fait suite à l'aphanite et appartient comme elle au terrain de transition : la *mine jaune*, la *mine noire* et la *mine grise*, ont donc été déposées à la même époque. Mais le deutoxide de cuivre, qui donne aux deux derniers minerais les couleurs qui les distinguent, est-il aussi de première formation ? Nous pensons qu'il résulte d'une altération postérieure éprouvée en place par ces masses de minerai, qui n'étaient composées primitivement que de pyrites de cuivre. Nous

avons indiqué les preuves d'une désagrégation plus ou moins avancée dans la roche qui encaisse les masses de *mine grise* : nous ajouterons ici que cette désagrégation se remarque surtout auprès de leurs parties supérieures : là, elles ne sont entourées que d'argiles mêlées de fragmens anguleux d'aphanite et de roche grise, et ces argiles composent la petite épaisseur de terrain qui le sépare de la surface. Leurs parties supérieures ont donc pu être autrefois découvertes et exposées à l'action de l'eau et des agens atmosphériques. Il n'en est pas de même de leur partie inférieure, du moins la *mine grise*, que nous avons pu observer, y est entourée de roche ancienne non désagrégée; mais la décomposition a pu se propager de haut en bas, et cela ne paraît pas étonnant, si on considère qu'elle est sans doute due, non-seulement à l'action de l'air et de l'eau, mais surtout à celle de *courans électriques* (1).

(1) J'ai vu un exemple bien certain d'une décomposition analogue opérée sur une masse de pyrite de fer, située à *Claveysoles*, près de *Beaujeu*. La tête de cette masse s'élève un peu au-dessus de la roche environnante, elle est cependant recouverte presque partout de terre végétale. Elle n'est composée que de fer hydraté, jusqu'à la profondeur de 6 à 7 pieds : cet hydrate est tendre, léger, poreux. Il ne renferme que des traces de soufre, et il rend 55 p. 100 de fer. On en a exploité plusieurs milliers de kilogrammes comme minerai qui a fourni de la fonte de bonne qualité. Mais quand on avait enlevé une épaisseur de 6 pieds, le tritoxide de fer était déjà mêlé intimement de parties pyriteuses ; en allant plus bas, la pyrite devenait de plus en plus abondante, et finissait par remplacer entièrement le peroxide. Du reste, on n'a remarqué aucune solution de continuité horizontale, seulement quelques fissures verticales tapissées d'hématite et traversant à la fois l'hydrate et la pyrite. Les eaux qui cou-

C'est la couche verticale d'argile rougeâtre qui renferme le cuivre oxidulé, et elle est exploitée, depuis huit ans, comme *mine rouge*. L'oxidule y est disséminé en petits cristaux, et surtout en lamelles brillantes : on y voit aussi quelques lamelles de cuivre métallique. Ce gisement commence à la même hauteur, et finit à peu près au même niveau que celui de la *mine bleue*.

La *mine bleue* ne se trouve que dans les couches de grès et dans les veines d'argile qui alternent avec elles. Elle y forme des géodes tapissées de cristaux, des boules dures et compactes dont la plupart ont une petite cavité au milieu, et enfin des veines situées à divers étages et parallèles aux couches de grès. La veine la plus considérable qu'on ait exploitée avait à peu près $0^m,50$ d'épaisseur, 30 mètres de largeur suivant son inclinaison, et une longueur de 150 mètres prise horizontalement. Ces veines ne sont pas seulement composées de cuivre carbonaté, elles renferment aussi tous les élémens du grès, et ne peuvent être considérées que comme des portions, plus ou moins épaisses, de couches de cette roche, qui ont été mélangées de substances métalliques. Il est à remarquer que le cuivre carbonaté est d'autant mieux séparé des autres espèces cuivreuses, qu'il s'éloigne davantage du terrain ancien : à l'extrémité inférieure du gisement, il n'est associé qu'avec un peu de cuivre

lent à travers ces fentes sont vitrioliques, et forment un dépôt brun ferrugineux. Il est impossible de ne pas conclure de ces faits, que la partie supérieure de cette masse a été de la pyrite comme la partie inférieure, et qu'elle a été convertie en fer hydraté par suite d'une altération lente et progressive.

oxidulé, disséminé en cristaux dans l'argile et en veinules dans l'argile et le grès; au contraire, dans la partie supérieure, près du terrain qui renferme la *mine noire*, il est mêlé, non-seulement d'une plus grande quantité d'oxidule, mais encore de cuivre pyriteux en parcelles presque invisibles. Les veines de cuivre carbonaté aboutissent toutes à la couche verticale d'argile rougeâtre, et il y a, des unes aux autres, une espèce de transition marquée par une série de boules et de morceaux irréguliers du même minerai. Le gisement se termine, dans la partie supérieure, au dépôt d'argile et de cailloux roulés dont nous avons parlé plus loin, et qui a, dans ce point, jusqu'à la surface, une hauteur de 4 à 5 mètres : les dernières portions de minerai se sont même trouvées répandues, sous cet argile, entre deux couches calcaires. L'étendue du terrain de grès, dans laquelle on a trouvé de la *mine bleue*, a une longueur de 400 mètres prise horizontalement, une largeur de 40 mètres suivant l'inclinaison des couches, et une épaisseur de 20 mètres. Divers travaux de recherche ont démontré qu'il n'en existe pas ailleurs.

Nous avons déjà dit que la veine verticale d'argile rouge a été déposée après les couches de grès qui viennent y aboutir, et qu'elle sépare du terrain ancien. Le cuivre oxidulé qu'elle renferme est donc aussi postérieur au grès, et on peut en dire autant du cuivre carbonaté avec lequel il est presque toujours mélangé. Il faut même que ces minerais se soient déposés après le calcaire jurassique, pour que des portions de *mine bleue* aient pu se trouver entre deux couches de ce dernier, dans les fentes qui les séparent auprès de leurs

affleuremens. Comme ils ne sont pas contemporains des roches qui les renferment, il est impossible d'assigner l'époque géologique à laquelle ils appartiennent : on voit seulement qu'elle est bien éloignée de celle de la *mine jaune*, puisque celle-ci est du même âge que le terrain ancien, et que la *mine bleue* est postérieurs au calcaire jurassique.

Quant à l'origine de ce minerai, il est facile de prouver qu'elle est due à la décomposition et au déplacement d'une quantité considérable de *mine jaune*. Celle-ci était accompagnée, dans la masse qu'on en a exploitée, de beaucoup de zinc sulfuré; le même métal se trouve en grande quantité à l'état de calamine dans le gisement de cuivre carbonaté. Le fer existait également à l'état de sulfure dans la pyrite cuivreuse; il est sous la forme de peroxide dans la roche qui renferme la *mine bleue*; il y a même une portion étendue d'une couche de grès qui rend 30 pour 100 de fonte de fer; cette couche affleure, à la surface, près du terrain ancien, et les ouvriers l'appellent le *banc de fer*. Le plomb a donné lieu à la même observation, quoiqu'il soit répandu en petite quantité dans le nouveau gisement et dans celui d'ancienne formation.

On ne peut s'empêcher de remarquer la progression qu'il y a dans les degrés d'altération qu'a subis le minerai primitif, à mesure qu'on s'éloigne de son gisement : ainsi la grande masse de *mine jaune* qu'on a exploitée autrefois, et dont il reste encore des piliers, n'offre des marques de décomposition dans aucune de ses parties; il en est de même de l'aphanite qui la renferme.

Les rognons de *mine noire*, situés dans une roche qui touche un terrain secondaire et qui est altérée dans beaucoup de ses parties, sont composés de deutoxide de cuivre mêlé de beaucoup de pyrite. La *mine rouge*, disséminée dans une veine qui sépare le terrain ancien du terrain secondaire, n'est encore que du cuivre oxidulé. Enfin, le cuivre est à l'état de sel, accompagné de quelques parcelles de sulfure près du terrain ancien, mais tout-à-fait pur dans la partie du gisement qui s'en éloigne le plus. D'ailleurs, la situation de la *mine rouge* et de la *mine bleue* paraît démontrer que le liquide qui en a tenu les élémens en suspension a pénétré dans l'argile et dans le grès par l'extrémité supérieure de leurs couches, qu'il y a déposé ces minerais, en les traversant, comme il l'aurait fait en passant à travers un filtre, et que si, à la place du grès bigarré, il s'était trouvé toute autre roche, susceptible d'être traversée par les eaux, le même dépôt métallique s'y serait formé.

On ne peut donc pas dire, après l'examen du gisement de Chessy, que le cuivre appartienne plus spécialement au grès bigarré qu'aux autres terrains secondaires. Tout le métal que l'on a trouvé dans cette localité a été déposé, comme à Sain-Bel, à l'état de *mine jaune*, en même temps que le terrain ancien. Mais des rognons de cette mine ont été altérés postérieurement et convertis en *mine noire*, d'autres ont été désagrégés et détruits, leurs élémens sont entrés dans de nouvelles combinaisons, et ont été déposés, à peu de distance, à l'état de *mine rouge* et de *mine bleue*.

L'observation des faits nous a suffi pour prouver que ces décompositions et recompositions ont eu lieu; mais nous ne saurions indiquer, avec la même certitude, la manière dont elles se sont opérées. Nous avons dit que le terrain ancien est plus ou moins désagrégé, dans la lizière qui avoisine le grès bigarré, qu'il se termine même de ce côté par un mélange d'argile et de fragmens anguleux d'aphanite et de roche grise, et enfin que ce mélange occupe aussi la partie supérieure comprise entre les rognons de *mine noire* et la surface du sol. Il est possible qu'une certaine épaisseur du même terrain ait été tout-à-fait détruite et dispersée, et qu'il s'y soit trouvé, ainsi que dans la portion qui est aujourd'hui à l'état fragmentaire, des rognons de *mine jaune* qui auront été désagrégés et détruits, en même temps, par l'action de l'eau, de l'air et peut-être aussi du fluide électrique. La pyrite aura d'abord été convertie en sulfates (sauf quelques parcelles qui ont été entraînées mécaniquement, et qu'on a trouvées mêlées à la *mine bleue*), puis dissoute, sous cette forme, par les eaux. Celles-ci auront, presque immédiatement, rencontré le grès à travers lequel elles se sont infiltrées, et c'est alors que ses sels se seront mêlés avec d'autres élémens, qui se seront emparés de leur acide et en auront précipité les bases: peut-être auront-ils été décomposés par des courans électriques sans l'intervention de nouveaux corps; dans ce cas, le cuivre se serait d'abord séparé à l'état d'oxide et une grande partie de celui-ci se serait changée en carbonate avant de se déposer : le voisinage du calcaire a pu favoriser cette dernière transformation. Du

reste, les cristaux d'oxide et de carbonate se seront formés comme ceux qu'on obtient avec une dissolution d'oxide de cuivre dans l'ammoniaque, ou bien encore comme les cristaux qui se produisent à l'aide d'une faible pile voltaïque.



NOTICE

Sur les gîtes métallifères de l'Ardenne.

Par M. CAUCHY, ingénieur des mines et professeur à *Namur* (Belgique).

ET

Description de la mine de plomb de Longwely.

Par M. BENOIT, directeur de cette mine.

La constitution physique et géologique de la région connue sous le nom *d'Ardenne*, qui s'élève en France, en Belgique et en Prusse, a été décrite dans un assez grand nombre de mémoires ; mais ces descriptions laissent encore beaucoup à désirer sur la nature des gîtes métallifères qui y sont exploités ou connus. Cette lacune, dans nos connaissances sur le terrain ardoisier, sera, je l'espère, en partie comblée par la présente notice : les divers gisemens qui y sont signalés ont été représentés par des signes conventionnels sur la carte géologique de l'Ardenne, *Pl.* IX, *fig.* 4, extraite de la carte géologique de France, par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont.

§ Ier. MINERAIS DE CUIVRE.

Cuivre pyriteux et carbonaté vert et bleu.

Le cuivre pyriteux et le cuivre carbonaté vert et bleu se montrent assez fréquemment, mais toujours en petite quantité, dans le quartz compact gras qui remplit les nombreuses fissures du schiste exploité dans les ardoisières de Vieil-Salm; M. Lévy y a également reconnu le cuivre phos-

Cuivre phosphaté.

phaté, cristallisé exactement comme celui de Liebethen (Hongrie). Mais le filon de Stolzembourg à 2 lieues N.-O. de Vianden, paraît être le seul gîte important de cuivre pyriteux compris dans le terrain ardoisier dont il s'agit ici. Le nom de *Goldberg* (montagne d'or) que porte la colline élevée dans laquelle se trouve ce gîte, et la croyance généralement répandue dans le pays qu'il produisait de l'or, à la fin de son exploitation qui paraît devoir être apportée à l'année 1769, ont donné une certaine célébrité à cette mine qui a été décrite par MM. Beaunier, Roux et Bouesnel (*Journ. des Mines*, *tome XVI*, *page* 137; *tome IX*, *page* 357 et *tome XXXV*, *page* 309). N'ayant pas été à même de la visiter, lorsque le gouvernement des Pays-Bas y a fait exécuter quelques travaux de reconnaissance qui n'ont malheureusement pas été achevés, je ne puis énoncer qu'avec beaucoup de réserve l'opinion que je m'en suis faite, en examinant ce qui reste des produits des derniers ouvrages d'exploitation, et en recueillant les renseignemens que m'ont fournis les ouvriers qui ont été employés aux derniers travaux ayant pour objet de la remettre en activité. La pyrite cuivreuse, à laquelle s'associe fréquemment la pyrite de fer, a pour gangues, dans ce gisement métallifère, la chaux carbonatée ferrifère spathique, le fer carbonaté spathique, le quartz hyalin et, je pense aussi, la baryte sulfatée : la pauvreté du filon, à la profondeur de 50 ou 60 mètres à laquelle les travaux ont été poussés, me paraît être la cause principale de l'abandon de cette mine.

D'autres filons cuprifères ont été reconnus, dans ces derniers temps, par les travaux de recherche de la société de Luxembourg, à Bivels et à Waldorf

près de Vianden. Le cuivre pyriteux auquel s'associe assez souvent la malachite, a pour gangues, dans ces filons, la chaux carbonatée ferrifère, le fer carbonaté spathique lenticulaire qui y est quelquefois changé en fer hydraté de la même forme, le fer carbonaté lithoïde granulaire, et la baryte sulfatée; mais tous ces gîtes qui présentent le plus vif intérêt au géologue occupé de l'étude des filons, ne me paraissent offrir qu'une bien faible importance sous le rapport industriel.

§ II. MINERAIS DE FER.

Le fer oxidulé se trouve disséminé en grains allongés et, plus rarement, en octaèdres bien prononcés, disposés en lignes plus ou moins continues et plus ou moins parallèles au long grain du schiste gris verdâtre que l'on exploite, pour en tirer les ardoises dites grenues, depuis Rimogne jusqu'à Monthermé. On le retrouve encore, sous la même forme et avec le même gisement, dans un schiste également gris verdâtre, mais non exploité, au village d'Ichonville, et au sud de Maissin au S.-O. de Saint-Hubert. La continuité d'un système de couches aussi bien caractérisées, sur une longueur de plus de neuf lieues, est un fait non moins intéressant, sous le rapport industriel, que sous le point de vue scientifique. Je me bornerai, pour le moment, à le citer comme propre à faciliter la reconnaissance des diverses zones et, peut-être, des différens bassins dont se compose probablement le terrain ardoisier. Fer oxidulé

Le fer oligiste se présente en cristaux, mais bien plus souvent, en petites masses à structure ordinairement laminaire et quelquefois grenue, dans Fer oligiste.

plusieurs des nombreux filons de quartz qui coupent le terrain ardoisier, principalement depuis Vieil-Salm jusqu'à Bihain. M. Drapiez a analysé (*Ann. génér. des sc. phys., tom. VII, p.* 216) le fer oligiste provenant de cette dernière localité, et l'a trouvé composé de

Peroxide de fer	87,0
——— manganèse. . . .	2,5
Silice.	5,0
Alumine.	2,0
Perte.	3,5
Total. . . .	100

On a pu en réunir, en 1815, une quantité suffisante de ce minerai pour essayer de le traiter au fourneau de Ferrot, mais on n'a obtenu aucun résultat satisfaisant.

Fer oxidé rouge.

Le fer oxidé rouge se trouve disséminé en grains arrondis, lenticulaires, amygdalaires, etc., dans quelques couches du terrain ardoisier, notamment à l'ardoisière de Sainte-Barbe (à deux lieues au sud de Couvin), où le grand bure vertical enfoncé en 1825, a recoupé un banc quartzeux fort épais qui en présentait une quantité considérable. On voit aussi, notamment à une demi-lieue au sud de Couvin, au sud et près d'Ortenville sur l'Ourthe et sur la grande route de Namur à Arlon, une suite de couches teintes en rouge très-foncé par cet oxide métallique.

Fer hydraté.

Le fer hydraté est le minerai de fer le plus abondant en Ardenne, mais il n'est point facile d'indiquer exactement le mode de gisement qu'il affecte sur tous les points où on l'a reconnu. Je suis cependant porté à admettre que c'est, le plus souvent, sous forme de couches qu'il s'y présente.

Les six hauts-fourneaux, aujourd'hui abattus, qui ont existé à droite et à gauche de la route actuelle de Namur à Arlon, sur une longueur de plus de deux lieues, au N.-O. du village d'Ortenville, attestent que ce minerai y était fort abondant. Toutes ces fonderies étaient alimentées, du moins en grande partie, par ces minerais que l'on a exploités, par une série de fosses, dont les traces sont encore visibles au jour, le long d'une ligne passant au sud et près du village de Champlon, et se dirigeant à peu près du S.-O. au N.-E., c'est-à-dire, comme les couches de schiste de ce canton, et s'étendent à un quart de lieue, environ, de part et d'autre du village de Champlon. Tout porte donc à croire que ce gîte est une véritable couche subordonnée à celles du schiste ardennais. Cette opinion est confirmée par l'observation que j'ai faite, à un quart de lieue au sud d'Ortenville, de plusieurs blocs considérables de fer hydraté compact, brun, jaunâtre, provenant du grand déblai exécuté pour la construction de la route, qui sont stratifiés de la manière la plus évidente, et dont les strates les plus éloignées du centre, passent au schiste dans lequel sont intercalées les couches ferrifères.

On trouve encore des morceaux de fer hydraté, dont plusieurs présentent, plus ou moins, les caractères de l'hématite, dans les fossés de la route et des chemins qui se dirigent au sud de Bastogne, au nord et près de Saint-Hubert, et au nord de Bouillon, dans les chemins qui conduisent à Belvaux et à Bertrix. J'ai vu ce minerai, en lits intercalés dans le schiste, auprès de Longwely, à Reihlingen et à Weidingen, près de Wiltz.

Enfin, M. Rozet a fait connaître (*Ann de sc*

nat., *février* 1830) « un lit assez mince de fer hydraté compris dans les schistes » que l'on exploite pour les forges de Linchant. La tête de ce banc, qui est découverte à une demi-lieue au nord du village de Naux, sur la Semoy, a environ 0m,45 de puissance moyenne; on y voit le fer hydraté massif, grano-lamellaire et terreux en strates ondulées et même contournées qui se lient intimement avec les roches schisteuses dont ce banc est recouvert, sur une épaisseur de 5 à 6 mètres; ces strates se lient encore avec les parties de schiste, de quartz compacte et grenu, et de psammite, dont le banc est presque entièrement formé en un point très-voisin de celui où j'ai pu l'observer. On a aussi attaqué ce banc à un niveau plus bas; mais la pyrite y devenait tellement abondante, qu'une partie du minerai extrait a été abandonné sur la Halde, où il s'est couvert rapidement d'efflorescences de fer sulfaté.

Indépendamment de cette couche, il en existe, très-probablement, une deuxième, à une petite distance au midi, près de la carrière de *castine*, dont parle également M. Rozet (mém. cité); mais comme elle n'est plus exploitée aujourd'hui, je n'ai que des indices assez vagues pour motiver l'opinion que je viens d'énoncer sur la nature de ce gîte.

Le fer hydraté se présente aussi en filon parfaitement caractérisé, perpendiculaire à la direction générale des couches schisteuses, dans la colline qui longe la rive droite de la Meuse, entre Deville et le moulin de Méreux. Son épaisseur, assez petite, et qui peut être évaluée moyennement à 0m,25, dans la partie où j'ai pu l'observer convenablement, paraît avoir été plus considé-

rable vers le nord, où il a été principalement exploité, à une époque assez reculée. Il est fâcheux que ces travaux n'aient point été poursuivis jusqu'au *banc* de la roche porphyroïde décrite par M. D'Omalius, car il serait bien intéressant de connaître les relations de gisement de ces deux roches. Le minerai s'y trouve en veines parallèles aux épontes, dont elles ne sont séparées par aucune salbande, et dans lesquelles la substance métallique pénètre, en quelques endroits, de plusieurs centimètres : sa couleur varie du noir plus ou moins luisant au brun terne : sa structure est souvent tellement compacte, qu'il ressemble beaucoup au fer hydraté que les mineurs de l'entre Sambre-et-Meuse désignent par le nom de *pierre à fusil*, et qui est le plus estimé.

Les autres dépôts de minerai de fer hydraté que l'on exploite ou que l'on a exploités dans les limites ordinairement assignées au terrain ardoisier, notamment à Renwez, à Harcy, à Rimogne, à Tremblay, à Chilly et à Maubert-Fontaine, appartiennent tout au plus à la formation du grès de Luxembourg ou du lias, qui se montre fort bien caractérisée en plusieurs des points que je viens d'indiquer.

Le fer sulfuré, que nous avons vu accompagner le cuivre pyriteux, dans le principal de ses gîtes, et que nous verrons également associé au plomb sulfuré dans la seule mine de plomb exploitable que nous a présenté le terrain ardoisier de la Belgique, est aussi, assez abondamment répandu dans les couches schisteuses de l'Ardenne, et surtout dans celle de ses roches, qui réunissent les conditions qui les font rechercher pour en ex- Fer sulfuré.

traire des ardoises. On l'y trouve en cristaux cubiques, en veines, en grains, qui ne sont jamais volumineux, et qui, souvent, sont tellement petits, qu'on ne peut les apercevoir qu'en les faisant miroiter au soleil. Ces pyrites, qui sont jaunes, ne se laissent point, en général, attaquer par les influences météoriques, mais il y en a cependant qui se convertissent, à la longue, du moins à la surface, en cubes de fer hydraté. Cette différence d'action de l'air atmosphérique, que l'on peut également remarquer sur les pyrites blanches si abondantes dans d'autres parties de la Belgique, me paraît devoir être attribuée *uniquement* à la différence de cohésion des molécules, ainsi que je chercherai à l'établir dans un travail spécial sur ce sujet.

Fer carbonaté. Pour le fer carbonaté, je l'ai déjà cité parmi les substances qui forment la gangue du minerai de cuivre dans les filons des environs de Vianden.

§ III. MINERAIS DE MANGANÈSE.

Manganèse oxidé-hydraté. On a découvert, il y a quelques années, à 1.000 mètres environ au nord de l'église de Bihain, un minerai de manganèse qui paraît devoir être considéré comme un mélange d'oxide et d'hydrate de ce métal; je crois même que c'est à lui que se rapporte l'analyse suivante d'un minerai de manganèse du Luxembourg, faite par M. Berthier.

Oxide rouge de manganèse. . .	78,50
Oxigène.	10,20
Eau.	3,10
Peroxide de fer.	3,20
Argile.	3,60
Total.	98,60

Ce minerai est composé de feuillets épais, dont la cassure transversale, noirâtre et terne, paraît être plutôt la cassure d'une substance terreuse à grains très-fins que celle d'un minerai métallique. Les premières fouilles qui ont conduit à sa découverte nous avaient porté à admettre qu'il constitue des couches intercalées dans le schiste : les travaux réguliers qui ont été dirigés depuis, conformément à cette opinion, l'ont pleinement confirmée. Ils consistent en une galerie percée, à travers bancs, sur une longueur d'environ 150 mètres, à une assez petite profondeur au-dessous du sol, et en galeries d'allongement conduites, au même niveau, dans toutes les couches métallifères. Celles-ci sont assez nombreuses, mais n'ont pas une grande continuité, de sorte qu'on doit les considérer comme des couches de schiste dans lesquelles le minerai de manganèse se substitue peu à peu à la matière argileuse, sur des parties plus ou moins étendues de leur direction et, probablement aussi, de leur inclinaison.

Des gîtes absolument analogues au précédent, sont encore connus au nord et près de Werbeaumont, à l'ouest et près de Lierneux, villages situés au nord de Bihain. Mais à un quart de lieue environ d'Arbre-Fontaine, le minerai a un tout autre aspect et un gisement bien différent. Il se présente, le plus communément, en plaques souvent couvertes de gros tubercules qui paraissent composées de couches successives planes et parallèles au plan des plaques, ou de petites proéminences branchues, qui donnent aux morceaux l'apparence de certaines stalactites calcaires, et qui sont réellement composées, comme celles-ci, de couches concentriques. Il se

montre aussi, en rayons assez volumineux qui ne sont point aussi clairement stratifiés que les plaques. Tous ces morceaux sont disséminés, pêle-mêle, dans une terre violâtre qui paraît être de même nature que le schiste de même couleur qui accompagne le minerai de manganèse, dans les autres autres localités où ce minerai se présente en couches. La profondeur de ce dépôt n'est point encore connue, mais on n'en a point atteint le fond par une fosse de 22 mètres. Des plaques et des rognons semblables à ceux qui viennent d'être décrits sont disséminés à la surface du sol, aux environs de toutes les couches de manganèse signalées ci-dessus; et cette circonstance rapprochée de toutes celles qui ont été décrites plus haut, porte bien à admettre, malgré les différences de forme et de gisement, que les derniers minerais dont on vient de parler ont assurément la même origine, et, peut-être, le même âge géognostique que ceux qui se présentent le plus nettement stratifiés avec le schiste ardennais, et qui lui sont évidemment contemporains.

A l'ouest et près de Vieil-Salm, dans une des carrières ouvertes sur des bancs de schiste que l'on exploite principalement pour faire des pierres à bâtir, mais dont on extrait aussi quelques ardoises grossières, il existe un petit filon, dirigé du N. au S., dans lequel se trouve, en rognons et en plaques, un minerai de manganèse remarquable par sa compacité, et qui me paraît aussi devoir être considéré comme un mélange d'oxide et d'hydrate de ce métal.

§ IV. MINERAI D'ANTIMOINE.

Une mine ouverte il y a, dit-on, plus de deux siècles, mais abandonnée depuis long-temps, près du village de Goesdorf (à une lieue au S.-E. de la petite ville de Wiltz), était désignée, par les habitans de cette contrée, comme riche en argent. On l'a ouverte, il y a quelques années, et on y a continué, pendant plus d'une année, une galerie suivant la direction des anciens travaux. Cette galerie a fait reconnaître, d'une manière incontestable, que le gîte d'antimoine sulfuré laminaire, dans lequel on n'a pu trouver la moindre trace d'argent, consiste en une suite de petits amas et de veines contenues dans une couche de schiste bleu, très-voisin de celui qui constitue le schiste ardoise proprement dit. La liaison la plus intime existe entre les veines du sulfure et le schiste : les feuillets de celui-ci se contournent en tous sens, autour du minerai qu'ils enveloppent, comme les lames de ce dernier embrassent des noyaux de quartz compacte. On ne peut donc se refuser à admettre que le sulfure d'antimoine s'est formé, par voie de séparation et de cristallisation, au milieu de la pâte terreuse au sein de laquelle il s'est déposé à l'état moléculaire. Antimoine sulfuré.

§ V. MINERAIS DE PLOMB.

Je ne puis qu'indiquer ici le gîte de galène, Plomb sulfuré. sur lequel on a établi quelques travaux de recherches, à une demi-lieue environ, à l'ouest d'Ortenville, et qui paraît être un filon, ainsi qu'un autre situé à l'est du village de Bihain, où

l'on a exploité, dit-on, il y a plus d'un siècle, un minerai de plomb assez abondant, pour permettre l'établissement d'une fonderie située à proximité, et dont on voit encore, en effet, quelques vestiges; mais il est convenable de décrire d'une manière détaillée, le gîte de galène de Longwely, le seul qui soit exploité aujourd'hui dans la province de Luxembourg. La description suivante est extraite d'un mémoire de M. Benoit, directeur de cette mine.

Mine de galène de Longwely.

La découverte de la mine de Longwely, village situé à 2 lieues Est de Bastogne, remonte à l'année 1819. Ce gisement est situé au centre du *terrain ardoisier* décrit par M. d'Omalius d'Halloy, dans ses *Mémoires géologiques sur la France et les Pays-bas*, pages 104 et suivantes.

Terrain qui renferme le gîte plombifère.

Le schiste qui constitue le sol aux environs de la mine et que l'on rencontre dans tous les travaux est d'un gris bleuâtre, compact ou à grains fins, à cassure plane, ou irrégulière, ou conchoïde. Il ne présente que rarement une apparence de fissilité, si ce n'est dans la partie qui avoisine le sol. Il se divise assez souvent, en solides rappelant assez bien la forme rhomboïdale. Quel que soit le degré d'agrégation de ses parties, il est rare qu'il résiste à une longue exposition à l'air, où il se réduit en une terre quelquefois sablonneuse, douce au toucher et ne faisant jamais pâte avec l'eau. Les parties dans lesquelles on aperçoit la structure feuilletée, ne subissent pas aussi vite cette décomposition.

La chaux carbonatée pénètre quelquefois le schiste, en particules imperceptibles, et ne se reconnaît qu'à l'effervescence causée par les acides mis en contact avec certains échantillons de

schiste. Cette effervescence est vraisemblablement produite par des débris de fossiles. Ceux-ci, assez abondans par place, sont rarement bien conservés : quelquefois la place occupée primitivement par un fossile est entièrement remplie de chaux carbonatée facilement clivable en petits rhomboïdes; d'autres fois, les valves seules sont de cette substance et l'intérieur est de schiste; d'autres fois, enfin, et c'est le cas le plus commun, on ne trouve plus que l'empreinte enduite, assez souvent, d'une substance noire et pulvérulente.

Gisement de la galène.

La galène se présente quelquefois en une plaque continue, dont l'épaisseur varie de $0^m,05$ à $0^m,35$, interceptée entre deux parois de schiste d'une direction et d'une inclinaison souvent parfaitement régulières. Cette plaque se divise quelquefois en deux branches, pour suivre l'une et l'autre parois qui se sont écartées, *Pl.* IX, *fig.* 9 : alors un massif de schiste contenant des veines et des nids de galène, ou simplement pointillé de ce minerai, occupe l'espace intermédiaire, et finit toujours, angulairement, en longueur comme en profondeur, pour laisser réunir les deux branches.

Le minerai se présente le plus généralement en nids, en veines, et en lames, pétri, pour ainsi dire, dans le schiste lui-même, avec lequel il a contracté une bien plus forte adhérence que dans le cas précédent. Dans ce cas, il existe encore deux parois régulières, servant comme de *toit* et de *mur* à une portion de couche que l'on pourrait appeler *schiste plombifère*. Aucune altération sensible ne se fait remarquer à la jonction du schiste et du minerai; bien rarement, une trace d'argile vient s'entreposer entre eux : en un mot, ils forment un en-

semble parfaitement lié dans toutes ses parties. En parcourant les travaux, on rencontre encore à découvert des portions de parois sur lesquelles le minerai était juxtaposé, et qui, par leur parfaite régularité, ressemblent entièrement au toit ou au mur d'une couche. Dans une taille que l'on vient d'établir, la galène repose sur un mur parfaitement uni, sur une longueur de plus de 25 mètres, suivant la direction, et de 10 mètres suivant l'inclinaison.

Description du gîte.

Les *fig.* 5, 6, 7 et 8 donnent l'indication des divers travaux de recherche qui ont précédé l'exploitation : quelques détails sur ces travaux compléteront la description des gîtes de Longwely.

Travaux de recherche.

Les deux puits verticaux, désignés par les lettres C, G, distans de 39 mètres l'un de l'autre, furent d'abord enfoncés, le premier jusqu'à la profondeur de 6 mètres, et le second jusqu'à celle de 9 mètres au-dessous de la surface du sol, niveau auquel venait aboutir un canal d'écoulement B, de 84 mètres de longueur : jusqu'à ce point, les deux puits avaient été constamment approfondis dans les gîtes.

Deux galeries d'allongement de 2 mètres de hauteur sur $1^m,50$ de largeur partant, l'une du fond du puits C, l'autre du fond du puits G, furent poussées vers le sud-ouest, en suivant la direction des deux gîtes qui se réunirent à 127 mètres du puits C. La seule galerie restante fut encore prolongée de 71 mètres, et conduite, sur une assez grande longueur, dans un schiste très-argileux, où l'on rencontrait de nombreuses veines de quartz et une trace de galène qui n'avait jamais plus de $0^m,04$ à $0^m,05$ de puissance.

Telles furent les travaux qui constituèrent la reconnaissance supérieure.

Bientôt après leur achèvement, on décida l'ouverture d'un nouveau canal d'écoulement B', de 596 mètres de longueur, qui devait assécher les gîtes à une profondeur moyenne de 20 mètres. Les deux puits furent enfoncés jusqu'à son niveau. Le puits G descendit dans le gîte qui est toujours resté presque vertical; le puits C traversa celui sur lequel il avait été enfoncé, et ne fut remis en communication avec lui que par une galerie O' qui recoupa les deux gîtes, en allant à la rencontre du canal d'écoulement. Cette galerie transversale fut prolongée vers le nord-ouest en R', et recoupa un troisième gîte R'', presque stérile, dont l'existence avait été indiquée par des morceaux de galène que l'on avait trouvés en creusant une cave. De nouvelles galeries d'allongement furent poussées au sud-ouest, et au nord-est de chaque puits. A 62 mètres sud-ouest de son point de départ, la galerie D' perdit toute trace du gîte métallifère; celui-ci, qui avait plus de 0^{m},35 de puissance, fut recoupé par une faille remplie de débris de schistes enveloppés d'argile schisteuse. A 5 mètres plus loin, il reparut avec la même puissance, la même inclinaison, et continua à suivre une ligne parallèle à celle qu'il avait parcourue au nord-est de la faille. Le même rejet, avec toutes ses conséquences, s'était fait remarquer dans la galerie H'. Il avait été insensible dans la galerie supérieure H, et de 3 mètres seulement dans la galerie D. On suivit cette faille par une galerie Y', dont une partie servit à joindre les deux gîtes principaux, et dont l'autre avait pour objet la recher-

che du troisième gîte dont il a été parlé en dernier lieu. A ce niveau comme à celui du dessous, on ne suspendit le creusement de toutes les galeries qu'après avoir désespéré de rencontrer de nouveaux gîtes dans les galeries de recherche, et perdu toute trace notable du minerai dans celles d'allongement. Avant d'entreprendre l'exploitation, le puits G fut prolongé jusqu'à la profondeur de 12 mètres, à laquelle l'abondance des eaux força de l'abandonner. Le gîte avait, au fond, $0^m,12$ de puissance.

A la suite de ces travaux préparatoires, on commença l'exploitation proprement dite, en attaquant, par des gradins renversés, les massifs de minerai compris entre les puits et les galeries horizontales.

Machine hydraulique. Les travaux de la mine de Longwely n'ont, du reste, présenté d'autre particularité que l'emploi d'une petite machine hydraulique, mise en mouvement par les eaux du canal supérieur, avant que celles-ci eussent été abattues dans le canal pratiqué au second niveau.

Cette machine consistait en un treuil à deux diamètres différens, placé au niveau du canal supérieur. Sur chacune des deux circonférences du treuil s'enroulait une corde : celle qui passait sur la plus grande montait jusqu'au jour où elle passait sur une poulie, puis descendait jusqu'au fond du puits pour y chercher le minerai; l'autre corde portait une tonne qui ne montait que jusqu'au niveau du canal supérieur, où elle pouvait se remplir d'eau. Sa capacité était assez considérable pour que, pleine d'eau et descendant par son propre poids, elle pût entraîner la charge de minerai : celui-ci, en vertu de la diffé-

rence de diamètre des deux treuils, calculée d'après le chemin que chaque tonne avait à parcourir, se trouvait au jour quand la tonne pleine d'eau arrivait au fond. Une soupape que cette tonne portait à son fond s'ouvrait en se posant sur une broche, et permettait à l'eau qu'elle contenait de s'écouler. Elle était guidée, pendant sa descente, par deux tiges de fer verticales, qui passaient dans deux colliers fixés aux flancs de la tonne. Le mouvement de la machine était réglé par un régulateur à force centrifuge. Ce régulateur participait au mouvement au moyen d'une ficelle qui, s'enroulant et se déroulant alternativement sur l'axe de la poulie placée au jour, la faisait mouvoir, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Ce régulateur montant ou descendant, selon que le mouvement s'accélérait ou se ralentissait, entraînait avec lui une des extrémités d'un levier dont l'autre était fixée près de l'axe de la poulie dont nous avons parlé tout à l'heure. Le levier, dans le mouvement d'ascension, frottant contre le susdit axe, ralentissait le mouvement tandis qu'en descendant il le laissait aller en liberté.

A la sortie de la mine, le minerai est soumis d'abord à un criblage dont le but est de séparer, du menu et des gros débris de schiste, le minerai en roche. Cette opération s'exécute en jetant à la pile le minerai sur le haut d'un crible à 45°. Le triage du minerai en roche, opération très-minutieuse, très-lente et très-soignée, est exécutée par des femmes, au moyen de marteaux dont un côté est en biseau d'acier taillant. Elles séparent, de la galène, en l'entamant le moins possible, toutes les substances qui lui sont étrangères, et la réduisent ainsi en alquifoux, qui n'est

livré au commerce que dans un état de pureté parfaite. Le minerai fin pyriteux et le résidu du triage du minerai en roche sont lavés avec un soin particulier par des entrepreneurs, qui font un secret de leur procédé.

Description minéralogique des minéraux des gîtes de Longwely.

Outre la galène, le minerai sortant des travaux contient un assez grand nombre de substances minérales, dont les principales sont, dans l'ordre de leur plus grande abondance, le schiste qui sert de gangue à la galène, la pyrite, la blende, le plomb carbonaté et phosphaté, le quartz et la chaux carbonatée.

Galène.

La *galène* ne s'est présentée qu'une fois avec la forme primitive. Elle est rare en octaèdres purs; mais les travaux inférieurs présentent assez abondamment la variété octaèdre modifiée, dans laquelle les arêtes sont remplacées par des facettes : on a rencontré en particulier une géode, de 1m,50 de diamètre, entièrement tapissée de cristaux de cette variété. Le plus souvent la galène se présente à l'état laminaire ou compacte, et rarement en petites lames contournées; dans ce dernier état, elle offre de l'analogie avec la variété globuleuse de Beudant.

Plomb carbonaté.

Le *plomb carbonaté* ne se trouve avec abondance que dans le voisinage de la surface; à mesure que l'on descend dans les gîtes, il diminue graduellement jusqu'à la profondeur de 10 à 12 mètres; puis il disparaît presque entièrement. Ce minéral forme des géodes dans la galène, dans le schiste des parois et dans celui qui est intercalé dans les gîtes. On le rencontre cristallisé en prismes à six pans quelquefois groupés en faisceaux : il présente aussi les variétés bacillaire, aciculaire et celluleuse. Enfin on le trouve aussi,

mais très-rarement, à l'état concrétionné, recouvrant des cristaux de galène, de schiste, etc.

Le gisement du *plomb phosphaté* présente les mêmes circonstances que celui du plomb carbonaté. Quand on le trouve cristallisé, ce qui arrive rarement, il est en prismes à base hexagonale d'une très-petite dimension, et dont la face supérieure est déprimée en forme d'entonnoir. Ordinairement, il imite une espèce de mousse dans laquelle on voit scintiller de nombreuses facettes cristallines: cette espèce de végétation paraît être due à de nombreux cristaux microscopiques irrégulièrement groupés. Plomb phosphaté

Le *fer sulfuré* commence à se montrer au point où le plomb carbonaté et le plomb phosphaté commencent à disparaître; on le trouve empâté dans la galène et dans le schiste avec lequel il a contracté une adhérence qu'il est impossible de vaincre, par le moyen mécanique employé au *triage*. Il tapisse abondamment, en cristaux octaèdres, les cavités de la galène et les fissures du schiste; mais il ne paraît pas que la quantité de ce minéral aille en augmentant dans la profondeur; car, en approfondissant le puits G, à 12 mètres au-dessous du second niveau, on n'en a presque pas rencontré. Il se présente cristallisé en octaèdres réguliers, à l'état dendroïde dans les fissures de la roche, et enfin en mamelons concrétionnés dont la cassure fait voir une structure aciculaire radiée. Fer sulfuré.

La *blende* est constamment associée à la pyrite; on la rencontre ordinairement, en petites masses lamellaires empâtées dans la galène ou dans le schiste, faisant corps avec eux; souvent aussi en dodécaèdres modifiés garnissant des cavités géodiques, et ne contractant alors qu'une très-faible Blende.

adhérence avec la substance à laquelle elle est juxtaposée. Quand la *blende* n'est que disséminée en particules imperceptibles dans la roche, on la reconnaît à la teinte brune qu'elle lui communique, ainsi qu'aux étincelles nombreuses et au grincement du schiste sous le choc du pic qui s'émousse très-promptement.

Quartz. Le *quartz* présente assez souvent la même disposition que la galène, il occupe principalement les travaux inférieurs et surtout l'extrémité des galeries poussées vers le sud-ouest. On le voit encore en veines courant à travers bancs et recoupant le gîte lui-même; d'autres fois, en petites géodes garnies de cristaux prismatiques, terminés de part et d'autre par des pyramides.

La *chaux carbonatée* se rencontre principalement en veines et en géodes tapissées de petits cristaux dodécaédriques. On la voit, comme je l'ai dit plus haut, occupant l'espace rempli primitivement par des fossiles; enfin, on devine encore sa présence par l'effervescence que déterminent les acides dans certaines parties de la roche.

Chaux sulfatée. Parmi les substances qui se rencontrent dans les travaux, il faut encore noter d'abondantes efflorescences de *chaux sulfatée*, qui recouvrent les parois des galeries inférieures et que l'on voit se former chaque jour dans les ouvrages ouverts à ce niveau. Cette substance est vraisemblablement due à l'action de l'acide sulfurique produit par la décomposition des pyrites, sur la chaux carbonatée renfermée dans la roche. Ce qui me confirme dans cette opinion, c'est son absence

dans les galeries supérieures, au-dessus desquelles il n'y a pas de fer sulfuré.

Après avoir décrit la manière d'être du minerai, et avoir fait remarquer sa liaison intime avec la roche, ainsi que l'absence de toute matière terreuse entre lui et les parois qui le renferment, si j'ajoute encore que ces gîtes, considérés dans toute l'étendue parcourue jusqu'à ce jour, suivent parfaitement la direction et l'inclinaison des couches schisteuses, si je rappelle que les gîtes ont subi le même dérangement que ces couches, au point où ils sont recoupés par une faille, on ne pourra, je pense, se refuser à admettre qu'il y a, entre les gîtes et les couches, une entière contemporanéité, et il ne restera plus alors qu'à donner un nom à ces couches plombifères, celui, par exemple, qui a été adopté par l'ingénieur en chef Cauchy, et qui rend parfaitement son idée, *des amas dans des couches*.

Pour établir jusqu'à l'évidence, que les gîtes métallifères dont il s'agit ont pour direction générale celle des couches qui les renferment, je rapporte ici les résultats de 32 directions prises dans un rayon de 800 mètres autour de l'exploitation. La moyenne de toutes les observations a donné, avec le nord magnétique, un angle de 108° O.: 16 de ces résultats sont compris entre 103° et 113°, et ceux qui se sont le plus écartés de la moyenne, de part et d'autre, ont été 84° et 124°. On peut donc admettre qu'aux environs de l'exploitation les couches du terrain forment moyennement, avec le nord vrai, un angle de 130° 30′ O. ou de 40° 30′ E. Or, dans les travaux supérieurs, la direction générale des gîtes est N. 127° O. : dans les travaux

inférieurs elle est N. 135° O. : la direction moyenne de la partie connue des gîtes est donc N. 131° O. ou bien N. 41° E., c'est-à-dire identique avec la direction moyenne des couches du *terrain ardoisier*.

Ceux qui soutiennent l'opinion que les gîtes de Longwely sont des filons, objectent aux raisons qui viennent d'être données, la réunion des deux gîtes au sud-ouest des puits; mais ce fait se présente également dans les mines de houille, où l'on voit quelquefois disparaître le banc qui sépare deux couches de combustible, et où les couches de houille elles-mêmes se réduisent souvent à une trace.

RAPPORT

A Monsieur le directeur général des ponts et chaussées et des mines, sur l'emploi de l'air chaud dans les usines à fer de l'Écosse et de l'Angleterre (1).

Par M. DUFRÉNOY, ingénieur en chef des Mines.

Exposé.

Quelques expériences faites sur un simple feu de maréchal, par M. Nielson, directeur de l'usine au gaz de Glasgow, ont conduit à penser qu'il pourrait y avoir de l'avantage à alimenter la combustion par de l'air chauffé préalablement.

(1) On sait que pour produire la haute température nécessaire à la fusion des minerais de fer, il faut que la combustion soit alimentée par un courant d'air très-puissant. Jusqu'à ces derniers temps, l'air puisé dans l'atmosphère par les machines soufflantes, était immédiatement lancé dans les hauts-fourneaux. Depuis trois ans on a eu l'idée de souffler les fourneaux avec de l'air chauffé préalablement. Ce changement dans la température de l'air a produit dans les usines à fer de l'Ecosse, une économie très-considérable dans la consommation du combustible, et une amélioration dans la qualité de la fonte; des essais du même genre qui ont été faits en France et dans les forges des bords du Rhin, ont donné des résultats variés et peu concluans.

M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines désirant éclaircir une question qui intéresse à un si haut point l'industrie du fer, a chargé M. Voltz de suivre les essais qui ont été faits dans le Wurtemberg, et il m'a donné la mission d'étudier les procédés suivis en Ecosse et en Angleterre; ce rapport contient les différentes observations que j'ai faites pendant cette mission.

Il communiqua ses idées à M. Macintosh, connu depuis long-temps dans le monde industriel par son esprit d'invention (1). Ils se réunirent pour entreprendre à l'usine de la Clyde, de concert avec M. Wilson, l'un des propriétaires de cet établissement, une série d'expériences pour éclaircir cette importante question. Dans la première expérience, l'air fut chauffé dans une espèce de coffre rectangulaire en tôle de 10 pieds (2) de long, sur 4 pieds de haut et 3 de large, semblable aux chaudières des machines à vapeur. L'air provenant de la machine soufflante était introduit dans cette capacité, où il s'échauffait avant de se rendre dans le haut-fourneau, Malgré l'imperfection de ce procédé, qui ne permit d'élever la température de l'air qu'à 200°. Fahrenheit (93° 3 cent.), on pouvait déjà pressentir que l'idée de M. Nielson était destinée à produire une révolution dans le travail du fer. Ce premier appareil n'ayant résisté que peu de temps à l'action de la chaleur et de l'oxidation, et son renouvellement

(1) M. Macintosh est l'inventeur du procédé de la fabrication de l'acier au moyen du gaz hydrogène carboné, qui provient de la distillation de la houille.

(2) Les dimensions des différentes parties des appareils étant souvent en nombres ronds, j'ai conservé dans ce rapport les mesures anglaises.

Le pied anglais. = $0^m,304692$
Le pouce. . . . = $0^m,025991$

1 schelling = 1 fr. 26 c.

Je rappellerai aussi que 9° Fahrenheit = 5° centigrades; le zéro du thermomètre centigrade correspondant à 32° du thermomètre de Fahrenheit, il faut toujours retrancher 32° des nombres exprimés en degrés Fahr., pour les transformer en degrés centigrades.

étant très-coûteux, on lui substitua un tube en fonte présentant au centre un renflement analogue à une boule de thermomètre; ce second appareil produisit déjà une grande amélioration; sa durée fut beaucoup plus longue, et la température que l'on put donner à l'air s'éleva à 280° Fahrenheit. (137°,7 cent.): cette augmentation de température, quoique assez faible, apporta une économie notable de combustible.

MM. Nielson, Macintosh et Wilson comprirent alors de quel avantage il serait de pouvoir élever la température de l'air de plusieurs centaines de degrés. Ils abandonnèrent ce tube chauffeur, et construisirent un nouvel appareil, présentant un grand développement de tuyaux, chauffés en plusieurs points de leur longueur. Au moyen de cette nouvelle construction, la température de l'air fut portée à 612° Fahrenheit ou 322°,2 cent., température supérieure à celle du plomb fondu, et à laquelle ce métal se volatilise.

Quoique cette température fût bien au-dessous de celle qui serait nécessaire pour la fusion de la fonte (évaluée à environ 1500°), cependant elle produisit une économie considérable dans la consommation du combustible. On obtint encore un autre avantage d'une grande importance, celui de pouvoir substituer la houille crue au coke, sans que la marche du fourneau en éprouvât le moindre dérangement; la qualité de la fonte fut au contraire améliorée, et le fourneau qui rendait à peu près moitié de fonte n°. 1 (1), et moitié de fonte

(1) La fonte n°. 1 est la fonte la plus propre au moulage; elle est souvent désignée sous le nom de *fonte noire*.

n°. 2, lorsqu'il était alimenté par du coke, donna une proportion beaucoup plus grande de fonte n°. 1, après la substitution de la houille crue. En outre, la consommation en castine fut considérablement diminuée; cette dernière circonstance tient probablement à ce que la température du fourneau devenant plus élevée, il n'est plus alors nécessaire d'ajouter une aussi grande quantité de fondant pour déterminer la vitrification de la gangue qui accompagne les minerais; c'est probablement aussi à cette augmentation de température que l'on doit attribuer la possibilité de substituer la houille au coke.

Pour mieux faire juger de l'accroissement progressif des économies obtenues à l'usine de la Clyde, dans les expériences que nous venons de citer, nous allons indiquer, pour chacune d'elles, les différentes consommations qui ont eu lieu en houille et en castine.

En 1829, la combustion étant alimentée par de l'air froid :

	tonn.	q.	tonn.	q.
Houille.				
1°. Pour la fusion, 3 tonnes de coke, correspondant à.	6	13	7	13
2°. Pour la machine soufflante.	1			
Castine.				10½

En 1831, les fourneaux étant soufflés avec de l'air chauffé à 450° Fahr. (232°, 2 cent.), on brûlait encore du coke pour la fusion du minerai :

La fonte n°. 2 est encore de la fonte douce, quelquefois cependant elle est destinée à la fabrication du fer.

	tonn.	q.	tonn.	q.
Houille.				
1°. Pour la fusion, 1 t. 18 q. de coke, correspondant à. .	4	6	4	18
2°. P. l'appareil à chauffer l'air.		5		
3°. Pour la machine soufflante.		7		
Castine.				9

En 1833, au mois de juillet, la température de l'air était élevée à 612° Fahr. (322°, 2 cent.) La fusion avait lieu seulement avec de la houille crue :

	tonn.	q.	tonn.	q.
Houille.				
1°. Pour la fusion.	2		2	19
2°. Pour l'appareil à chauffer.		8		
3°. Pour la machine soufflante.		11		
Castine. . . , ...				7

A cette dernière époque, l'emploi de l'air chaud avait augmenté le rendement des fourneaux de plus d'un tiers, et par suite avait apporté une grande économie dans la dépense en main-d'œuvre. Enfin, la quantité de vent nécessaire pour l'alimentation des hauts-fourneaux, avait éprouvé aussi une diminution sensible; la machine soufflante de la force de 70 chevaux, qui desservait en 1829 seulement trois hauts-fourneaux, est assez puissante maintenant pour en faire marcher quatre.

En comparant les résultats que nous venons d'indiquer, on reconnaît que l'économie du combustible est proportionnelle à la température à laquelle l'air est élevé. Quant à l'économie en elle-même, elle varie dans chaque usine suivant la nature du charbon, et avec les soins qu'on apporte à l'opération.

Malgré la réussite complète de ces expériences, l'introduction de l'air chaud dans les usines à fer a éprouvé de grandes difficultés; il a fallu vaincre non-seulement la puissance de l'habitude, mais

encore le préjugé général, que la houille est sulfureuse, et que sa transformation en coke est non-seulement favorable à la combustion dans les hauts-fourneaux, mais qu'elle est indispensable pour fabriquer de la fonte de bonne qualité.

Ce procédé, en usage depuis quatre ans dans les usines des environs de Glasgow, qu'il a sauvées d'une ruine certaine, a eu peine à franchir les frontières de l'Ecosse; cependant les avantages presque miraculeux qu'il a produits commencent à triompher des préjugés, et à s'étendre de proche en proche dans les différentes provinces de l'Angleterre. Je connais vingt-une usines contenant ensemble 67 hauts-fourneaux qui marchent au moyen de l'air chaud (1). La fonte qui provient de ces usines est généralement de la fonte n°. 1, propre au moulage des pièces les plus délicates. Ce procédé est également applicable à la fonte destinée à la fabrication du fer; il suffit, pour obtenir cette qualité de fonte, de changer les proportions de charbon et de minerai. Les forges de *Tyne-Iron-Works*, près de Newcastle, de *Codnor-Park*, près de Derby, n'emploient, pour la fabrication du fer, que des fontes produites dans des hauts-fourneaux marchant à l'air chaud.

---

(1)

En Écosse.			6
Dans le Flintshire.			1
Derbyshire.			3
Newcastle upon Tyne (Northumberland).			2
Newcastle under Lyne (Staffordshire).			2
Wenesbury.	1	Staffordshire.	5
Dudley.	1		
En construction.	3		
Pontipool.			2
		Total.	21

Dans le plus grand nombre des établissemens que je viens de citer, on a substitué la houille crue au coke. Dans quelques établissemens où cette substitution n'a pas encore été adoptée, on m'a assuré, comme à *Monkland-Iron-Works*, près de Glasgow, que la température de l'air n'était pas assez élevée pour que l'on pût se passer de la fabrication du coke. Dans quelques autres, la qualité de la houille extrêmement bitumineuse, comme près de Newcastle, paraît être un obstacle à l'usage de la houille en nature.

L'emploi de l'air chaud n'est pas encore introduit dans les belles usines de Mertyr-Tidvil dans le pays de Galles. La faible consommation de houille qui est employée en nature, ainsi que je l'indiquerai à la fin de ce rapport, et le prix élevé du brevet, en retardent l'adoption; mais je ne doute pas que ce procédé ne produisît également, dans ce pays, une économie sensible dans la consommation du combustible.

Pour faire apprécier l'avantage qui résulte de l'emploi de l'air chaud, je vais faire une espèce de revue statistique des principaux établissemens que j'ai visités; je décrirai les appareils qui présentent quelques différences, et je comparerai les consommations et les dépenses qu'exigeait, dans ces usines, la fabrication d'une tonne de fonte avant l'introduction de l'air chaud à celles qui ont lieu aujourd'hui. Cette description paraîtra sans doute un peu longue, mais dans une question aussi importante, et qui peut avoir une influence immense sur nos forges, je pense qu'on ne doit omettre rien de ce qui tend à éclairer les personnes qui se livrent à l'industrie du fer. Je donnerai ensuite quelques détails sur les charbons

employés dans ces usines, ainsi que sur les dépenses de fabrication de la fonte dans le pays de Galles. Enfin je terminerai ce rapport par un résumé des principales expériences qui ont été faites en France pour introduire l'emploi de l'air chaud dans les usines de fer.

Avant de commencer cette description, je dois payer un juste tribut de reconnaissance aux propriétaires des usines que j'ai visitées; presque tous m'ont procuré, avec une noble générosité, les moyens d'étudier avec fruit leurs établissemens: ils ont montré dans cette circonstance, que la seule rivalité qui existe encore entre la France et l'Angleterre est le désir des améliorations.

Usines des environs de Glasgow.

Le territoire de Glasgow est occupé par un vaste terrain houiller, l'un des plus riches de la Grande-Bretagne, par son étendue et la puissance des couches de houille qu'il renferme ; ce bassin est aussi très-remarquable par l'abondance des minerais de fer qui existent, à la fois, en rognons dans les argiles schisteuses du terrain houiller, et en couches régulières, sur une étendue souvent considérable. Les couches de houille des environs de Glasgow qui appartiennent à la partie la plus inférieure du terrain houiller alternent avec des couches du calcaire de montagne, de sorte que l'on trouve ainsi réunis, dans la même localité, la houille, le minerai de fer, la castine, et même, presque toujours l'argile réfractaire nécessaire à la construction des hauts - fourneaux. Ces avantages inappréciables pour l'établissement des usines à fer étaient un peu compensés par la perte

énorme que les houilles des environs de Glasgow éprouvent par la carbonisation, ainsi que par la légèreté du coke qu'elle produit ; il résultait, de ces circonstances, que la fabrication d'une tonne de fonte exigeait en Ecosse, une quantité de combustible beaucoup plus considérable que dans les autres forges de l'Angleterre ; aussi l'emploi de l'air chaud a-t-il produit dans les usines d'Ecosse, une véritable révolution, en leur permettant de soutenir avec avantage la concurrence du pays de Galles.

L'*usine de la Clyde*, dite *Clyde-Iron-Works*, est, ainsi que je l'ai indiqué, le premier établissement dans lequel le procédé de l'air chaud a été mis en pratique. L'appareil, actuellement en usage, se compose (*Pl. X*, *fig.* 1 *et* 2), pour chaque haut-fourneau d'une double ceinture de tuyaux horizontaux *a*, *a*, d'un développement de 150 pieds; ces tuyaux ont un diamètre intérieur de dix-neuf pouces et une épaisseur d'un pouce et demi. La ceinture extérieure se termine à la hauteur du milieu du fourneau, et l'air se divise en deux parties, de manière à se porter en égale abondance à chaque tuyère; des soupapes placées en E peuvent régulariser la distribution de l'air, elles servent aussi à l'intercepter lorsque des réparations exigent qu'on ôte le vent. Dans cette longueur de 150 pieds, les tuyaux passent au milieu de cinq fourneaux, ou chauffoirs F, dont deux sont placés près des tuyères, afin que l'air n'ait pas le temps de se refroidir avant d'entrer dans le fourneau. Les *fig.* 1 *et* 2 donnent une idée exacte de la forme et de la disposition de ces cinq fourneaux; ils sont réunis entre eux par un conduit en brique *g* qui enveloppe les tuyaux. Au moyen

Usine de la Clyde.

Forme de l'appareil.

de cette disposition, la flamme et la fumée qui s'échappent des fourneaux circulent autour des tuyaux et les échauffent dans toute leur longueur. Pour empêcher que les parties des tuyaux exposés immédiatement à l'action du feu ne se détériorent, on les enveloppe d'une ceinture de briques réfractaires de la longueur des fourneaux. Dans le premier appareil de ce genre que l'on a construit, on avait placé les tuyaux l'un dans l'autre, de manière qu'ils pussent jouer et que la dilatation ne causât aucune rupture. Cette disposition ingénieuse a été abandonnée parce qu'il se faisait par ces jointures des pertes d'air considérables; en outre, comme on a remarqué que les dégradations avaient presque toujours lieu à l'assemblage des tuyaux, on ne s'est pas contenté de les réunir par des boulons et des écroux, on a recouvert les assemblages d'un anneau de fonte coulé après coup. Au moyen de cette précaution, les tuyaux durent plus long-temps, et à l'époque où je visitai l'établissement de la Clyde, il y avait cinq mois que l'appareil n'avait eu besoin de réparations.

On pratique, sur le porte-vent, une petite ouverture *v*, au moyen de laquelle on peut s'assurer à chaque instant du degré de chaleur de l'air; cette précaution est indispensable, parce qu'une condition essentielle dans l'emploi de l'air chaud, est de donner à celui-ci une température constante. Avec ces appareils on élève l'air à 612° Fahr. (322°,2 cent.), température supérieure de quelques degrés à la chaleur nécessaire pour la fusion du plomb.

Dans l'usine de la Clyde, deux des quatre hauts-fourneaux sont desservis chacun par un appareil semblable à celui qui vient d'être décrit, pour les

deux autres, l'emplacement ne permettant pas le développement des tuyaux, on a replié deux fois sur eux-mêmes ceux qui ne sont pas chauffés directement.

La conduite des fourneaux marchant à l'air chaud n'exige aucune précaution particulière : la marche de l'opération est exactement la même qu'avant l'introduction de ce procédé ; la seule différence consiste dans la substitution de la houille en nature au coke. Cette substitution n'a pas suivi immédiatement l'adoption du nouveau procédé ; ce n'est que long-temps après, et seulement lorsque la température de l'air a été portée à un degré supérieur à la fusion du plomb, que cette amélioration immense a eu lieu ; c'est aussi à partir de cette époque que les dépenses ont été diminuées dans une si grande proportion. Il paraît, ou du moins c'est l'idée généralement adoptée en Ecosse, que certaines qualités de houille ne peuvent être employées en nature que lorsque l'air est fortement échauffé ; nous avons déjà annoncé que dans l'usine de Monkland-Iron-Works, où la température n'est portée qu'à 460° à 490° Fahr. (237°,7 à 254°,4 cent.) on consomme encore du coke.

La descente du fourneau est très-régulière ; on charge à des distances à peu près égales, cependant le vide qui se forme au gueulard est le véritable guide du chargeur. La richesse du minerai non grillé, variant depuis 22 jusqu'à 34 pour 100, la composition des charges doit suivre ces variations ; lors de ma visite sur l'établissement, la teneur moyenne du minerai était de 44 pour 100, après le grillage, et les charges étaient composées de

660 livres de houille.
520 livres de minerai grillé.
100 livres de calcaire.

On fait ordinairement 40 de ces charges par

24 heures. Pendant les deux jours que nous avons suivi les travaux de cet établissement, le nombre des charges a été de

Nombre de charges.

Le 4 juillet	de 6 h. du matin à 6 h. du soir	38.
Id.	de 6 h. du soir à 6 h. du matin	39.
Le 6 juillet	de 6 h. du matin à 6 h. du soir	37.
Id.	de 6 h. du soir à 6 h. du matin	40.

Le rendement du fourneau a été dans les quatre coulées de 4 t. 8 q., 4 t. 9 q., 4 t. 6 q. et 4 t. 12 q., ce qui fait 17 tonnes 15 quintaux pour 154 charges, ou 8 tonnes 17 quintaux $\frac{1}{2}$ par 24 heures.

Il résulte de ces nombres que, moyennement, une tonne de fonte dépense 4856 livres de houille, ou 2 tonnes 8 quintaux $\frac{1}{2}$. La consommation de l'appareil est de 8 quintaux par tonne de fonte, ce qui élève la dépense totale à 2 tonnes 16 quintaux $\frac{1}{2}$, à peu près deux tonnes $\frac{3}{4}$ par tonne de fonte.

Les coulées ont lieu de 12 en 12 heures. La fonte que l'on obtient est ordinairement un mélange de fonte n°. 1 et de fonte n°. 2 : celle qui sort la première du creuset est le n°. 1 ; on distingue ces deux variétés de fonte par la manière dont elles coulent, et surtout par la disposition des stries qui sillonnent la surface du métal à mesure qu'il se refroidit. Les tuyères sont hermétiquement fermées avec de l'argile, et comme elles ne résisteraient pas à la température élevée à laquelle elles sont soumises, on a substitué aux tuyères ordinaires des tuyères à eau semblables à celles en usage dans les fineries. La *fig.* 3, *Pl.* X, représente les tuyères employées à la Clyde ; elles sont en fonte ; leur durée est très-variable, elle est moyennement de 5 à 6 mois.

Tuyères à eau.

On bouche les tuyères pour empêcher qu'il ne s'établisse un courant d'air froid qui se précipiterait dans le haut-fourneau ; cette disposition n'a du reste aucun inconvénient, parce que la face du

vent est maintenant tellement chaude qu'il ne s'y attache point de scories ou de nez et par suite qu'il n'est presque jamais utile de travailler aux tuyères. La température, dans cette partie du fourneau, est d'un blanc très-éclatant; néanmoins il n'y a presque point d'étincelles produites par l'oxidation du fer, et les gouttelettes qui tombent présentent une partie centrale noire, qui montre que la fonte est recouverte d'une petite couche de laitier en fusion.

La flamme qui s'échappe du haut-fourneau est d'un beau rouge, tandis qu'elle est jaunâtre dans les fourneaux alimentés par du coke et marchant à l'air froid. La différence de couleur est presque aussi marquée que celle qui existe entre la flamme que donnent des solutions alcooliques de strontiane et de baryte.

La pression du vent, dans le réservoir à air, est de 2 livres $\frac{1}{2}$ ou 5 pouces de mercure par pouce carré. Elle est sensiblement la même près de la tuyère, seulement le manomètre qui l'indique est sujet à de grandes oscillations. Cette pression était anciennement de 3 livres. L'ouverture de la buse est de 3 pouces; elle était de 2 pouces $\frac{1}{2}$ lorsque les fourneaux marchaient à l'air froid. La quantité d'air lancée dans le fourneau est moins forte; la machine soufflante, dont la force est de 70 chevaux, desservait seulement trois hauts-fourneaux, maintenant elle en alimente quatre avec facilité. D'après les dimensions du cylindre soufflant (1), la quantité de vent qui était

Augmentation de l'orifice des buses.

---

(1) La force motrice nécessaire pour souffler un haut-fourneau n'a pas diminué dans la même proportion que la quantité de vent qui en alimente la combustion. Le frottement que l'air éprouve dans les tuyaux de l'ap-

Diminution de la quantité de vent.

de 2827 pieds cubes, par minute, pour les fourneaux alimentés par l'air froid, n'est plus actuellement que de 2120 pieds cubes.

Les fourneaux de la Clyde n'ont subi aucune modification depuis l'introduction de l'air chaud; ils étaient en feu depuis long-temps, lors de l'adoption de cette nouvelle méthode; l'un d'eux est en roulement depuis sept ans, et la régularité de sa marche permet de croire qu'il fournira encore une carrière aussi longue.

Tableau des consommations et produits.

Au commencement de ce rapport, j'ai déjà énoncé l'économie de charbon et de castine qu'on avait obtenue à l'usine de la Clyde, par l'emploi de l'air chaud. Je crois néanmoins utile, pour montrer l'exactitude de ces chiffres, de transcrire un relevé des différentes dépenses de la fonte pendant un mois à l'air froid, et le mois correspondant à l'air chaud. J'ai fait ce relevé sur les livres de fonte qui m'ont été communiqués avec une rare bienveillance.

---

pareil à chauffer l'air, oppose une résistance à son mouvement qui exige une augmentation dans la puissance de la machine; la dilatation de l'air, dont le volume a 322° cent., un peu plus que double de son volume à 10°, serait une cause beaucoup plus puissante que le frottement, si on ne la compensait en élargissant l'ouverture des buses.

On évalue à $\frac{1}{10}$ la force nécessaire pour vaincre le frottement de l'air dans les tuyaux; mais, dans la plupart des usines anglaises, la diminution de la quantité de vent étant de plus de $\frac{1}{4}$ de celle anciennement employée, il en résulte que la puissance de la soufflerie d'un haut-fourneau marchant à l'air chaud, est moins grande que pour le haut-fourneau soufflé par de l'air froid.

Le cylindre de la machine soufflante a 80 pouces de diamètre sur 10 pieds de haut. Le piston est plein, il a un pied de hauteur, sa coupe est de 7 pieds 6 pouces, et le nombre de ses levées est de 18 par minute; il aspire en montant et en descendant. La pression de l'air est de 2 liv. et demie.

Consommations et produits de trois hauts-fourneaux marchant à l'air froid et au coke, pendant le mois de février 1829.

	Coke.	Mine.	Castine.	Fontes no. 1.	Fontes No. 2	Fontes N°. 3.	Objets moulés.	Total.
	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.
1re sem.	386 »	227 9	68 2	72 13	32 13	18 13	1 13	125 12
2e. sem.	411 10	242 11	72 11	51 19	37 11	47 2	» 6	136 19
3e. sem.	401 »	231 16	70 18	44 16	48 2	38 7	» 3	131 8
4e. sem.	301 10	177 13	53 6	53 »	27 9	25 3	» 0	105 12
(1)	1500 »	879 9	264 17	222 8	145 15	129 5	2 2	499 11

(1) Il faut ajouter la consommation de la machine soufflante, qui a été moyennement d'une tonne de menue houille par tonne de fonte produite.

Consommations et produits de quatre fourneaux alimentés par l'air chaud et la houille, pendant le mois de février 1833.

	Charbon cru,	Mine.	Castine.	Fontes no. 1.	Fontes No. 2.	Fontes N°. 3.	Moulage.	Total.
	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.	tonn. q.		tonn. q.
1re. sem.	516 15	490 7	91 16	81 4	28 15	156 3	»	265 2
2e. sem.	514 «	491 6	91 7	48 8	46 61	161 18	»	257 1
3e. sem.	521 15	486 8	91 8	94 12	59 20	109 8	»	264 »
4e. sem.	470 10	434 12	81 18	75 2	47	102 1	»	224 3
(2)	2023 »	1902 13	356 9	299 6	182 10	528 20	»	1010 6

(2) Consommation de la machine soufflante, moyennement, 11 quint. par tonne de fte.

De l'appareil à chauffer l'air, 8 quint. *id.*

Il résulte de l'examen de ces tableaux que, pour une tonne de fonte produite, on consommait :

En 1829 à l'air froid et avec du coke.	t.	q.	t.	q.	En 1833 à l'air chaud à 222°, 2 centig. et à la houille crue.	t.	q.	t.	q.
1°. Houille pour la fusion, 3 tonnes de coke, correspondant à houille. . . .	6	15	7	15	Houille crue. . . .	2		2	19
Pour la machine soufflante (1). .	1				. . . .		11		
Pour l'app. à chauffer l'air.	»	»			. . . .		8		
2°. Minerai grillé 3523 livres, ou			1	15	3780 livres environ. . . .			1	18
Sa teneur moyenne est de 57 pour cent					Sa teneur moy. est de 56 pour cent.				
3°. Castine, 1056 livres.				10 ½	704 livres.				7
La production journalière des fourneaux était									
de 11904 livres, environ.			6		de 18035 livres, environ.			9	

La production journalière s'étant élevée, à l'usine de la Clyde, de 6 tonnes à 9 tonnes, l'introduction de l'air chaud a apporté à la fois une économie dans la consommation de combustible, et dans les dépenses de main-d'œuvre et de frais généraux.

Prix de revient.

Le tableau suivant fait connaître le prix de fabrication de la fonte à ces deux époques.

(1) La machine à vapeur, qui met en mouvement la machine soufflante, dépense 20 tonnes de menu charbon par jour ; ce charbon coûte seulement 1 schelling 8 pences la tonne.

Prix de revient d'une tonne de fonte à l'usine de la Clyde.

Matières employées.	En 1829 à l'air froid.				En 1833 à l'air chaud.			
	tonn.	q.	fr.	c.	tonn.	q.	fr.	c.
Houille pour la fusion, à 5 schellings (6 fr. 30 c.) la tonne.	6	13	41	89	2	»	12	60
Pour la machine soufflante à 1 schell. 8 pences (2 fr. 05 c.) la tonne.	2	»	2	05	»	11	1	15
Pour l'appareil à chauffer.	»	»	»	»	»	8	2	52
Minerai grillé à 12 schell. (1) (15 fr. 49 c.) la tonne.	1	15	27	07	1	18	29	43
Castine, demi-tonne à 7 schell. (9 fr.) la tonne.		10	4	50	»		3	15
Main-d'œuv. à 10 sch. (12 fr. 60 c).			12	60			8	40
Frais généraux, intérêt du capital, 6 schellings (7 fr. 75 c.).			7	75			5	17
Totaux. . . .			95	86			62	42

Usine de Calder. Cette usine, située à trois milles de Glasgow, sur la route d'Edimbourg, marche depuis plus de trois ans au moyen de l'air chaud; deux fourneaux sont alimentés par des appareils semblables à ceux de l'usine de la Clyde; mais, pour les deux autres, l'air est chauffé au moyen d'un système de petits tuyaux, dont les *fig.* 6, 7, 8 et 9 sont la représentation exacte.

Appareil de Calder.

Cet appareil se compose de deux gros tuyaux horizontaux *ac* et *a'c'* de dix pieds de long, de neuf pouces de diamètre intérieur et d'un pouce ½ d'épaisseur. Neuf petits tuyaux *b* ayant six pouces

(2) Ce minerai est très-riche, la teneur moyenne des minerais houillers du bassin de Glasgow est de 44 pour 100 après le grillage; ils coûtent à cet état de 8 schell. 6 pences à 9 schellings la tonne; la dépense du minerai serait alors à très-peu de chose près la même que celle indiquée dans le tableau.

de diamètre extérieur et trois intérieurement, repliés sur eux-mêmes, à la manière des siphons, sont placés verticalement sur les tuyaux *ac* et *a'c'* dans lesquels ils entrent à frottement au moyen des gorges *d*. Ce système de tuyaux est placé dans un fourneau rectangulaire de 10 pieds de long sur 3 de large et 12 à 15 de haut. L'observation ayant appris que les jointures se détériorent assez promptement, on a construit le fourneau de manière à les garantir de l'action du feu. Les assemblages *mn* des gros tuyaux, sont placés en dehors du fourneau; quant aux assemblages des petits tuyaux sur les gros, on les met à l'abri de l'oxidation par une maçonnerie en briques réfractaires *ef*, qui règne tout le long des gros tuyaux. La flamme, en s'échappant du foyer, se rend donc dans le fourneau par la fente (1) longitudinale *gh* pratiquée dans toute la longueur du fourneau : elle se répand ensuite entre les tuyaux, les enveloppe de tous côtés, et gagne la cheminée au moyen des ouvertures *o*, *o*, *o*.

La température de l'air est portée avec cet appareil au-dessus de 612° Fahr. (322°,2 cent.), comme dans les appareils de la Clyde; la consommation en houille est de 7 quintaux par tonne de fonte produite.

Cet appareil me paraît préférable à celui de la Clyde; il tient moins de place. Les coudes que présentent les petits tuyaux doivent, il est vrai, faire éprouver des frottemens à l'air qui les traverse,

(1) La disposition des hauts-fourneaux de Calder n'a pas permis de donner une largeur plus grande à cette partie du fourneau. Il serait préférable de donner une large issue à la flamme, ce qu'on obtiendrait en ouvrant l'angle des petits tuyaux.

mais cette circonstance paraît n'avoir qu'une légère influence sur son mouvement; la force que la machine soufflante est obligée d'exercer, n'est pas supérieure à celle de la machine de la Clyde; la pression du vent est de $2^{l.}\frac{1}{4}$ par pouce carré.

La dépense de construction est très-faible. La plus grande partie consiste en fonte qui pourrait être repassée au fourneau dans le cas où l'appareil serait mis hors de service. On peut évaluer à 800 fr., environ, la construction du fourneau; quant à la fonte, il peut y en avoir sept tonnes, savoir: Dépense de construction de l'appareil.

1400 à 1500 kilogr. pour les deux gros tuyaux, et 5,000 à 5,400 pour les neuf petits.

En évaluant à 120 fr. la tonne de fonte moulée en tuyaux, ce qui est la moyenne sur les usines qui marchent à la houille, chaque appareil coûterait environ

Maçonnerie.	500 fr.
Ferrement pour le fourneau. . .	300
Fonte.	840

La dépense serait donc environ de 3280 fr. par haut-fourneau. A Calder, on l'estime à 35 liv. sterlings (875 fr.) par chaque tuyère. L'appareil de la Clyde est beaucoup plus coûteux; on peut évaluer à 17 à 18 tonnes la quantité de fonte qu'il nécessite, et le développement de maçonnerie est environ 12 fois plus considérable.

Le travail des hauts-fourneaux de Calder présente les mêmes circonstances que ceux de la Clyde; nous ne les répéterons pas : mais, pour montrer les progrès successifs de l'introduction de l'air chaud, nous allons indiquer :

1°. Les consommations et les produits d'un fourneau de Calder marchant à l'air froid, et consommant du coke;

Consommations à l'air chaud et l'air froid.

2°. Les dépenses et les produits du même fourneau alimenté par l'air chaud à 300° Fahr. (147° 3 cent.) et consommant également du coke;

3°. Les consommations et les produits qui avaient lieu au mois de juillet dernier, avec l'air chaud et la houille crue.

Ces résultats sont extraits du livre de fonte de l'établissement.

Consommations et produits du haut-fourneau n°. 3, en 1828 à l'air froid et au coke.

	Coke.	Min. grillé.	Castine.	Fonte n°. 1.	Fonte n°. 2.	Fonte n°. 3.	Total.
	t. q. d.	t. q. d.	t. q. d.	t. q.	t. q.	t. q.	t. q.
Du 6 janv. au 3 fév.	550 2 »	276 8 »	105 3 »	95 4	39 1	20 3	154 8
Du 3 fév. au 2 mars.	545 1 »	274 5 »	101 » 1	100 1	34 2	18 2	152 5
Du 2 mars au 30. .	575 » 1	295 6 1	108 » »	106 6	44 3	15 14	166 3
	1670 3 1	845 19 1	314 3 1	301 11	117 6	53 19	472 16
Perte du charbon pour être transformé en coke, 55 p. 100.	2041 6 1	563 18 3	Perte du minerai 40 p. 100.				
Houille.	3711 10 »	1409 18 3	Minerai cru.			Pression de l'air, 3 livres 1 quart.	

Consommations et produits du haut-fourneau n°. 3, en 1831, à l'air chaud à 300° F. et au coke.

	Coke.	Min. grillé.	Gastine.	Fonte n. 1.	Fonte n. 2.	Fonte n. 3.	Total.
	t. q. d.	t. q. d.	t. q. d.	t. q.	t. q.	t. q.	t. q.
Du 2 janvier au 16.	189 12 »	120 3 »	52 10 1	57 11	11 »	42 2	110 13
Du 16 janvier au 30.	204 3 »	130 6 »	64 7 »	46 7	» »	27 »	73 7
	393 15 »	250 9 »	116 17 1	103 18	11 »	69 2	184 »
Perte du charbon,	481 5 »	166 19 1	Perte du minerai.				
Houille.	875 » »	417 8 1	Minerai cru.			Pression de l'air, 3 livres un dixième.	

Consommations et produits du haut-fourneau n°. 3, pendant 12 semaines, en 1832 et 1833, à l'air chaud et à la houille crue.

	Coke.			Min. grillé.			Castine.			Fonte n°. 1.		Fonte no. 2.		Fonte n°. 3.		Total.	
	t.	q.	d.	t.	q.	d.	t.	q.	d.	t.	q.	t.	q.	t.	q.	t.	q.
Du 4 nov. 1832 au 2 décembre 1832.	406	»	»	379	2	»	65	5	»	102	15	62	»	55	10	220	5
24 fév. au 23 m. 1833.	458	8	»	389	6	1	64	7	1	116	10	31	»	52	10	200	»
Du 24 mars au 21 av. 1833.	476	4	»	427	14	1	53	19	1	121	10	36	10	62	»	220	»
	1340	12	»	1166	3	»	183	12	»	340	15	129	10	170	»	640	5
Perte du min. de fer.				797	8	»											
Minerai cru.				1993	10	»	Pression de l'air, 2 livres 3 quarts.										

La comparaison de ces tableaux nous apprend que, pour une tonne de fonte produite, le fourneau n°. 3 consommait :

En 1828 à l'air froid et au coke.	t.	q.		En 1831 à l'air chaud à 300 f. et au coke.	t.	q		En 1833, à l'air chaud à 612 f. et à la houille.	t.	q.	d.
Houille. 7075 de coke, correspondant à 15724 de houille, ou. . .	7	17	»	4279 de coke, corr. à 9510 de h., ou. 4t 15 / éval. à. » 6	5	1	»	Houille crue 4187, ou 2t 2 / . . . . . . » 8	2	10	»
Pour chauffer l'appareil.	»	»	»								
Minerai grillé 3792, ou. . .	1	18	»	2717 liv., ou	1	7	»	3735 liv., ou	1	17	»
correspondant à Minerai cru 5970, ou.	2	19 $\frac{1}{2}$		4575 liv., ou	2	6	»	6228 liv., ou	3	»	»
Castine 1330, ou.	»	13	»	1260 liv., ou	»	12 $\frac{1}{3}$		572 liv., ou	»	5 $\frac{1}{2}$	

Nota. Il faut ajouter la consommation de la machine à vapeur.

Ce fourneau a produit par 24 heures.

Fontes [illegible] liv., ou.	5	12 $\frac{1}{4}$		13143 liv., ou	6	13	»	16428 liv., ou	8	4 $\frac{1}{4}$	

La consommation en combustible a donc diminué dans la proportion de 7ᵗ· 17q· à 2ᵗ· 2q· On remarquera qu'il y a eu également une grande diminution sur la dépense en castine dont la quantité de 13 q· par tonne de fonte en 1828 n'est plus aujourd'hui que de 5 q· et demi. Cette diminution tient, ainsi que je l'ai annoncé, à la haute température que le fourneau acquiert depuis l'emploi de l'air chaud. J'indiquerai à la suite de ce rapport les raisons qui permettent de concevoir cette augmentation de température, augmentation qui est certaine, quoique nous n'ayons pas de moyen de la mesurer.

La quantité de vent a été réduite de 3500 (1) pieds cubes par minute, à 2627 pieds cubes; sa pression a éprouvé peu de variation, de 3 livres un quart, elle est descendue à 2 livres trois quarts.

La dépense de l'appareil varie de 7q· à 8q· par tonne de fonte.

La consommation de la machine soufflante est restée la même; mais comme elle fait marcher un fourneau de plus, et que leur rendement a été porté de 5 ᵗ· 12 q· à 8 ᵗ· 4 q·, elle est réduite par tonne de fonte de 1 ᵗ· 4 q· à 14 q· (on brûle seulement de la houille menue).

La consommation de minerai a éprouvé des variations notables, mais les laitiers ne contenant

---

(1) La machine soufflante employée à Calder est composée de deux cylindres placés au-dessus l'un de l'autre, et ayant le même axe, de sorte que les pistons des deux cylindres sont adaptés sur la même tige; le cylindre supérieur a 50 pouces de diamètre, le cylindre inférieur 7 pieds; la hauteur des cylindres est de 8 pieds; la levée du piston seulement de 7; le piston a 9 pouces d'épaisseur; le nombre de levées est de 16 par minutes.

jamais plus de 0,02, à 0,015 de fer, elle dépend de la richesse des minerais, qui varie beaucoup selon que l'on emploie de la mine en rognons (*Ball-Ironstone*) ou de la mine en couche (*Flat-Ironstone*).

A Calder, comme dans l'usine de la Clyde, la production journalière de fonte a été augmentée dans une grande proportion; de 5 t. 12 q., elle a été portée à 8 t. 4 q.: cette circonstance réagit aussi d'une manière puissante sur le prix de fabrication de la fonte qu'on peut établir de la manière suivante, aux deux époques que nous considérons.

Prix de revient d'une tonne de fonte.

Prix de fabrication d'un tonne de fonte à l'usine de Calder.

En 1828, à l'air froid et au coke.			En 1833, à l'air chaud à 322° c. et à la houille crue.		
1°. Houille.	tonn. q. d.	fr. c.		t. q. d.	fr. c.
pour la fusion, à 4 schell. 6 pences (5 fr. 66 c.) la tonne	7 17 ½	44 43	A 5 sch. (6 fr. 39 c.) la tonne.	2 2	13 42
Pour la mac. souffl. 1 sch. 8 pence (2 f.05 c.) la t.	1 4	2 46	......	» 14	1 43
Pour l'appareil.	» »	» »	......	» 8	2 50
2°. Minerai cru, 6 sch. (7 fr. 75 c.) la tonne.	2 19 ½	23 25	Minerai grillé, à 12 sch. (15 fr. 49 c.) la tonne.	1 17	28 65
Frais de grillage 10 pence. (1 fr. 02 c.) la tonne.	» »	3 15	......	» »	» »
3°. Castine, 7 schell. (9 fr.)	» 13	5 85	......	» 5 ½	2 40
4° Main-d'œuvre à 10 sch. (12 fr. 60 c.) par tonne.	»	12 60	Réduit proportionn. à la prod.	» »	8 45
5°. Frais généraux, intérêts, etc., à 6 sch. (7 fr. 75 c.).	» »	7 75	*Id.*	» »	5 30
Total.		199 49	Total. ..		62 15

Usine dite Monkland Iron-Works, près Airdrie.

Appareil de l'usine de Monkland.

L'appareil employé dans cet établissement pour chauffer l'air a beaucoup d'analogie avec celui de Calder; il se compose également de deux gros tuyaux et d'un certain nombre de petits tuyaux qui s'emboîtent dans les gros : on a seulement changé leur position relative. Les deux gros tuyaux *ab*, *a'b'*, (*fig.* 4 et 5, *Pl.* 10), ont la forme d'un fer à cheval et sont placés verticalement; les petits tuyaux *c'c*, etc., qui les mettent en communication sont horizontaux, ils ont 5 pieds de longueur. Cette différence de position, et surtout le moindre développement des petits tuyaux, ne permet pas de donner à l'air, au moyen de cet appareil, une température aussi élevée que dans les usines de Calder et de la Clyde. A l'époque où j'ai visité l'établissement de Monkland, l'air était chauffé seulement à 450°Fahr. (232°2 cent.). On se servait encore du coke pour la fusion des minerais.

Les économies en houille et en castine obtenues dans cette dernière usine depuis l'introduction de l'air chaud, sont, à peu près, identiques avec celles que j'ai signalées dans l'usine de Calder, lorsque l'air n'était élevé qu'à 300°Fahr., et qu'on brûlait encore du coke dans les hauts-fourneaux. En effet, avant

Consommations.

l'adoption du nouveau procédé, on consommait à l'usine de Monkland, pour obtenir une tonne de fonte, de 7 à 8 tonnes de houille; depuis cette époque, on dépense seulement :

4 tonnes de houille pour les hauts-fourneaux,
6 quintaux pour l'appareil à chauffer l'air,
3 tonnes un quart de minerai cru,
1 demi-tonne de castine.

La production journalière des hauts-fourneaux est actuellement de 6 tonnes.

La pression du vent est de 2 livres 3 quarts, elle était de 3 livres.

La fonte produite dans les trois usines sur lesquelles je viens de donner des détails, est en grande partie destinée au moulage : la fonte n°. 3 est seule transformée en fer ; elle est vendue pour cet usage aux forges de Newcastle.

Nature de la fonte.

Les fontes n°. 1 et n°. 2, quoique destinées toutes deux au moulage, ne sont pas employées indifféremment. La fonte n°. 1 sert principalement pour le moulage des pièces qui doivent être travaillées, comme les cylindres de machines à vapeur, ou celles qui doivent supporter une grande presssion ; la fonte n°. 2, quoique encore très-facile à entamer par l'alésoir, est néanmoins plus dure que la fonte n°. 1 ; aussi elle est employée de préférence pour le moulage des engrenages et des pièces qui exigent une certaine dureté.

Outre les usines sur lesquelles nous venons de donner quelques détails, il existe encore en Ecosse trois autres usines marchant à l'air chaud ; les résultats obtenus dans ces établissemens par l'adoption de ce nouveau procédé sont les mêmes que ceux que nous avons cités, il nous paraît donc inutile de les indiquer dans ce rapport.

Usines des environs de Newcastle upon Tyne.

. Le bassin houiller du Northumberland, le plus vaste et le plus riche de la Grande-Bretagne, qui fournit la presque totalité du charbon consommé dans la ville de Londres et sur tout le littoral de la Tamise, ne possède que deux usines à fer ; l'une *Birtly Iron-Works*, est située à 6 milles de Newcastle sur la route de Londres ; l'autre dite

Environs de Newcastle

Tyne Iron-Works, est placée sur les bords de la Tyne, à 3 milles de la ville. Ce faible développement de l'industrie du fer, dans un pays sillonné dans tous les sens par des chemins en fer, et dans lequel la consommation de la fonte est si grande, est dû à la pauvreté du terrain houiller en minerai de fer. Cette pauvreté est telle que, malgré les recherches les plus minutieuses, il est impossible d'alimenter exclusivement ces deux établissemens avec du minerai houiller; la position de ces usines, sur les bords de la Tyne, les dédommage de cette circonstance défavorable en leur permettant de tirer du Lancashire et du Cornouailles, du minerai de fer à un prix inférieur à celui auquel il revient dans la plupart de nos forges.

Ces deux usines marchent depuis un an à l'air chaud.

Usine de Birtly.

L'usine de *Birtly*, construite seulement depuis trois ans, se compose de deux hauts-fourneaux de 45 pieds de hauteur, de 4 fourneaux à réverbère et de plusieurs cubilots (fourneaux à la Wilkinson). Toute la fonte produite par cet établissement est destinée au moulage.

L'appareil pour chauffer l'air employé dans cette usine, ne produit pas de résultats assez avantageux pour que j'en donne le dessin; il consiste en un tuyau plié cinq fois sur lui-même à angle droit, et disposé de manière que la coupe en travers présente cinq cercles, dont quatre ont pour centres les angles d'un parallélogramme rectangle, et le cinquième le point où se coupent ses deux diagonales. Ces tuyaux sont placés horizontalement et réunis les uns aux autres par des oreilles qui portent des boulons et des écrous.

Le diamètre intérieur de ces tuyaux est de 14 pouces; ils ont 15 lignes d'épaisseur; le développement de la partie chauffée est de 50 pieds; les tuyaux sont placés horizontalement dans un fourneau rectangulaire un peu moins long que les tuyaux, afin que les jointures et les parties coudées ne soient pas exposées à l'action du feu. **Forme de l'appareil.**

La chaleur de l'air, en sortant de cet appareil, ne dépasse pas 400° Fahr. (204°,4 cent.); on la mesure constamment avec un thermomètre à mercure. La dépense de cet appareil, correspondante à la production d'une tonne de fonte, est de 6 quintaux de gros charbon.

La pression du vent est d'une livre et demie; elle était la même avant l'introduction de l'air chaud: la quantité de vent est un peu moindre, on en donne maintenant davantage aux Wilkinson.

Les charges du fourneau se composent:

700liv.	de coke (la houille donne 45 pour 100 de coke),
650	de minerai grillé (composé d'un mélange en parties égales de minerai houiller et de fer oxidé rouge du Lancashire,
400	de castine.

D'après le registre de fonte, on avait fait dans le fourneau n°. 1,

Consommations.

Le 10 juillet.	40	charges
Le 11 juillet.	42	ou 40 moyennement.
Le 12 juillet.	38	

Ce même fourneau a produit, dans ces trois jours, la quantité de 23 tonnes 11 quintaux de fonte, ou 7 tonnes 17 quintaux par jour. En calculant d'après ces données, on trouve qu'une tonne de fonte consomme à Birtly:

4 tonnes de houille pour la fusion,
6 quint. de houille en gros morceaux pour l'appareil,
1 tonne 13 quint. de minerai grillé.
1 tonne de castine.

La quantité de castine employée est très-considérable, ce qui tient à ce qu'elle est chargée de beaucoup d'eau, c'est de la craie marneuse qui provient des bords de la Tamise. Elle est rapportée en lest par les bâtimens qui font le commerce de la houille.

Le mélange de minerai grillé contient 60 pour 100 de fer.

Pour apprécier l'économie qui est résultée, à l'usine de Birtly, de l'emploi de l'air chaud, il serait nécessaire de connaître exactement les consommations que nécessitait une tonne de fonte avant l'introduction de ce nouveau procédé. Je n'ai pu me procurer ces renseignemens; mais M. J. Hunt, directeur de l'établissement, m'a assuré qu'on dépensait alors 7 tonnes de houille.

Si on compare ces résultats avec ceux obtenus en Ecosse, on trouvera que les consommations à Birtly correspondent à peu près à celles de Calder en 1831, lorsque la température de l'air n'était portée qu'à 300° Fahr. (148°,8 cent.), et qu'on brûlait encore du coke. A Newcastle le prix de la houille s'oppose à son emploi en nature, attendu qu'il faut pour cet usage se servir de houille en gros morceaux, et que cette qualité de charbon coûte 7 fr. 05 c. la tonne, tandis que le menu ne vaut que 2 fr. 15 c. Il serait néanmoins avantageux de donner à l'air une température plus élevée.

(*Usine de Tyne-Iron-Works.*) Les consommations dans cette usine, correspondantes à une tonne de fonte, sont à peu près les mêmes qu'à

Birtly; mais une différence importante entre ces deux établissemens, c'est que, à Tyne-Iron-Works, une grande partie de la fonte est transformée en fer. Ce fer, de qualité supérieure, est presque exclusivement destinée à la fabrication de la tôle forte avec laquelle sont faites les chaudières des machines à vapeur. C'est avec les mêmes fourneaux et les mêmes minerais qu'on fabrique ces deux variétés de fonte; il suffit de modifier les proportions relatives de minerai et de coke. Usine e la Tyne. Fonte pour fer.

Dans l'établissement qui nous occupe, les cubilots ou fourneaux à la Wilkinson sont également soufflés à l'air chaud; leur consommation est de 225 livres de coke pour une tonne de fonte moulée. Ces fourneaux n'ayant été construits que depuis l'adoption de l'air chaud, on n'a pas de résultats comparatifs. Cubilot.

Environs de Manchester et de Liverpool.

Les usines dites *Rant-Iron-Works*, près Wrexham dans le Flintshire, d'*Apedale*, de *Laneend*, de *Silverdale*, près Newcastle Under-Lyne (Staffordshire), ont adopté le procédé de l'air chaud. Les appareils en usage dans ces différens établissemens ont une grande analogie avec l'appareil à petits tuyaux représenté dans la *Pl. X*, *fig.* 7 et 8. A Apedale il est exactement le même; les résultats obtenus depuis l'introduction de l'air chaud sont presque identiques avec ceux de l'usine de Calder. Usine d'Apedale

La chaleur de l'air est portée à Apedale de 600° à 612° Fahr. (315° à 322°,2 cent.)

La consommation en houille, autrefois de six tonnes par tonne de fonte, est maintenant

réduite à trois tonnes un quart (1). On emploie encore du coke, la houille étant sulfureuse; la dépense de l'appareil est de sept quintaux par tonne de fonte produite.

La quantité de castine est également beaucoup diminuée; sa proportion est maintenant de quatre quintaux par tonne de fonte.

Au mois de juillet dernier, lorsque je visitai l'usine d'Apedale, un seul fourneau était en feu; il y avait cinq ans qu'il marchait, et depuis dix-huit mois on y avait appliqué l'air chaud.

Depuis cette époque, la production de ce fourneau a été portée de 6 tonnes à 7 tonnes par jour. La fonte qu'il produit est presque complétement de la fonte n°. 1, tandis qu'avant l'introduction de l'air chaud il donnait à peu près parties égales de fonte n°. 2 et de fonte n°. 3; cette dernière était revendue pour être transformée en fer.

Une usine des environs de Newcastle, appartenant à M. Furmstone, a abandonné le procédé de l'air chaud. J'aurais désiré connaître la cause de cet abandon; mais j'ai appris cette circonstance trop tard pour pouvoir visiter cette usine.

Environs de Derby.

Le bassin houiller de Derby, prolongement de celui de Sheffield, possède plusieurs grandes usines à fer; trois de ces établissemens, *Butterley-Iron-*

---

(1) Les compositions des charges à Apedale sont :
300$^{liv.}$ de minerai grillé.
500$^{liv.}$ de coke : la houille donne 50 pour 100 de coke.
60$^{liv.}$ de castine (calc. de transition).
On fait 36 à 40 charges par 24 heures.

Works, *Codnor-Park* et *Alpdon*, ont adopté le procédé de l'air chaud. J'ai visité les deux premières qui appartiennent à M. Jessop, l'un des maîtres de forges les plus instruits de l'Angleterre. Les appareils employés dans chacun de ces établissemens diffèrent de ceux que j'ai déjà décrits; ils présentent en outre entre eux des différences essentielles. Ces circonstances m'engagent à les faire connaître, quoique les résultats qu'ils donnent soient moins avantageux que ceux obtenus dans l'appareil à petits tuyaux de Calder.

Butterley-Iron-Works. Cette usine renferme trois hauts-fourneaux. La fonte qu'ils produisent est destinée au moulage, soit de première, soit de seconde fusion. Un seul fourneau était en feu à l'époque où je visitai le Derbyshire. Usine de Butterley.

L'air qui alimente la combustion de ce fourneau est chauffé au moyen d'un appareil placé à chaque tuyère: ces appareils se composent (*Pl.XI*, *fig*. 11 *et* 12) de trois gros tuyaux *A*, *B*, *C*, de 27 pouces de diamètre intérieur, placés horizontalement les uns au-dessus des autres, et séparés chacun par des voûtes plates *m n*, *m' n'*. Ces tuyaux, réunis deux à deux par des tuyaux coudés *d e*, *d' e'*, présentent des plis droits comme le tube d'une trombone. L'air, au sortir de la machine soufflante, entre dans l'appareil par le tuyau *c* et sort en *g*, après avoir parcouru successivement la longueur des trois tuyaux. Les jointures sont placées extérieurement au fourneau proprement dit; pour empêcher que l'air ne se refroidisse en traversant ces parties coudées, on les entoure d'une chemise de briques. Forme de l'appareil.

Les tuyaux coudés qui établissent la communication entre les tuyaux horizontaux sont plats;

ils portent des oreilles et sont réunis au moyen de boulons et d'écrous; les tuyaux ont un pouce et demi d'épaisseur; ils reposent sur des taquets en briques *t*, *t* placés de distance en distance sur les voûtes plates *m n*, *m' n'*; cette disposition permet à la flamme d'envelopper les tuyaux de tous côtés. Le premier tuyau *A* n'est pas exposé immédiatement à l'action du feu; il est séparé de la grille par une voûte qui règne dans toute la longueur de l'appareil, et qui laisse passer la flamme par des carnots *o*, *o*. Les cloisons *m n* portent des ouvertures *p* et *q* placées aux extrémités opposées du fourneau, de manière à forcer la flamme à traverser le fourneau dans toute sa longueur avant de s'échapper d'un étage à l'autre.

Toutes les voûtes sont en briques réfractaires; elles ont une brique d'épaisseur.

La dépense de cet appareil est de 62 quintaux de houille par tonne de fonte.

L'air est élevé dans cet appareil à la température de 360 degrés Fahr. (182°,2 cent.). Malgré cette faible température, la consommation de charbon a diminué dans une grande proportion, ainsi qu'il résulte du rapprochement des nombres ci-dessous.

Consommations et produits, pendant la première semaine de juillet 1830, *du fourneau n°.* 2, *marchant à l'air froid :*

159 tonnes 5 quint. de coke correspondant à
218 tonnes 10 quint. de houille,
109 tonnes 17 quint. de minerai,
35 tonnes de castine.

Production

38 tonnes de fonte.

Consommations et produits du fourneau n°. 2 alimenté par de l'air chaud, le 17 juillet 1833

On a passé dans le fourneau 41 charges composées chacune de Consommations et produits.

Houille en nature. . . . 9 quint.
Minerai grillé. . . . . . 9 quint.
Castine. . . . . 3 quint.

La moyenne de la première quinzaine de juillet a été de 40 charges par jour et de 7 tonnes de fonte produite.

En comparant d'après ces données les consommations à ces deux époques, une tonne de fonte exigeait :

	En 1830, à l'air froid et au coke.		En 1833, à l'air chaud et à la houille.		
	tonn.	q.	tonn.	q.	
Houille	5	16	2	18	y compris la dé-
Minerai	3	»	2	11	pense de
Castine	1	»	Env. 1		l'appareil.

Pour avoir la dépense totale de combustible, il faudrait ajouter la consommation de la machine soufflante, sur laquelle je n'ai aucune donnée précise; mais cette dépense doit avoir diminué proportionnellement à l'augmentation du rendement du fourneau.

Il est donc résulté de l'adoption du procédé de l'air chaud à Butterley une économie de moitié sur la dépense en combustible. Quant à la consommation en castine, elle est restée la même;

cette forte proportion de chaux est nécessitée par la nature sulfureuse du minerai.

Diminution dans la quantité de vent.

La quantité de vent, qui était de 2500 (1) pieds cubes par minute, n'est plus que de 2160 pieds centigrades.

La pression du vent est de 2 livres et demie; elle n'a éprouvé aucune variation. L'ouverture des buses a été portée de 2 pouces et demi à 3 pouces.

La fonte produite, est de la fonte noire pour moulage.

Usine de Codnor-Park.

(*Usine de Codnor-Park.*) Cette usine est composée de trois hauts-fourneaux, de trois fineries, et du nombre de fourneaux à réverbères nécessaire pour transformer toute la fonte produite en fer métallique. Les hauts-fourneaux marchent depuis un an à l'air chaud et à la houille crue. La substitution de l'air chaud a produit dans l'usine de Codnor-Park une économie de combustible analogue à celle que nous venons de signaler dans les hauts-fourneaux de Butterley; il suffit maintenant de 2 tonnes 9 quintaux de houille pour obtenir une tonne de fonte, tandis qu'avant l'emploi de l'air chaud, la consommation s'élevait à 5 tonnes. On fera remarquer que la dépense en houille a toujours été un peu moins grande à

Consommations.

(1) La machine soufflante alimentait seulement 2 hauts-fourneaux, elle donne maintenant le vent à trois. Il est vrai que, pour obtenir assez de vent pour les trois hauts-fourneaux, il a fallu augmenter légèrement le diamètre du cylindre. Lorsque la machine ne servait qu'à deux fourneaux, ses dimensions étaient : diamètre, 70 pouces; hauteur de la levée, 8 pieds; nombre de coups par minute, 13; actuellement le cylindre a 80 pouces de diamètre. La levée du piston et le nombre de coups par minute sont restés les mêmes.

Codnor-Park qu'à Butterley (1), circonstance en rapport avec la nature de la fonte obtenue dans ces deux usines. La différence de consommation serait beaucoup plus sensible si on employait la même qualité de houille, mais on brûle à Codnor-Park de la houille tendre (soaft coal), tandis qu'à Butterley on se sert de cherry-coal, qui résiste beaucoup mieux à l'action du vent.

Forme de l'appareil.

L'appareil employé à Codnor-Park pour chauffer l'air est composé de deux tuyaux A,B (*Pl. XI, fig.* 13 et 14), placés l'un au-dessus de l'autre, et dans lesquels sont adaptés des petits tuyaux *a* et *b*, ayant les mêmes axes que les tuyaux A et B. Ces différens tuyaux sont réunis par des coudes, de telle façon que l'air, au sortir de la machine soufflante, arrive dans le tuyau intérieur *b*, se répand dans l'espace annulaire *cd* compris entre les tuyaux B et *b*, passe ensuite dans le second tuyau intérieur *a*, et se rend dans le fourneau en traversant la seconde surface annulaire A.

Cette disposition de doubles tuyaux l'un dans l'autre a été adoptée pour remédier à un inconvénient grave, que l'on a éprouvé à Butterley ; inconvénient que présentent en général les tuyaux d'un grand diamètre, dans lesquels l'air s'échauffant inégalement détermine un courant d'air froid

(1) *A l'air froid.*

	A Butterley.	A Codnor.
	5 tonnes 16 quint.	5 tonnes.
	A l'air chaud.	
	2 tonnes 12 quint.	2 tonnes 9 quint.
Pour l'appareil	6	6
Total.	2 tonnes 18 quint.	2 tonn. 15 quint.

dans l'axe des tuyaux, ce qui rend impossible de porter l'air à une température élevée.

Les tuyaux A et B sont en fonte, ils ont 30 pouces de diamètre extérieur, et 27 intérieurement. Les petits tuyaux *a* et *b* sont en tôle de six lignes d'épaisseur, ils ont 18 pouces de diamètre intérieur.

La disposition du fourneau est exactement la même qu'à Butterley, les *fig.* 13 et 14 en donnent une idée exacte.

L'air est échauffé au moyen de cet appareil à 400° Fahr. (204°,4 cent.). La consommation est de 6 quintaux par tonne de fonte.

Nous avons déjà annoncé que toute la fonte produite à Codnor-Park était transformée en fer; ce fer est employé dans les ateliers même de M. Jessop, à la construction de différentes machines; il sert également à la fabrication de la grosse tôle, pour les chaudières de machine à vapeur, usages qui exigent du fer de très-bonne qualité.

Environs de Birmingham.

L'emploi de l'air chaud commence à peine à s'introduire dans les nombreuses usines du Staffordshire; l'opinion encore accréditée que la fonte obtenue par ce procédé ne donne que du fer de mauvaise qualité, en a retardé l'essai jusqu'au commencement de cette année; une seule usine, près de Wenesbury, appartenant à MM. Lloyd, Forster's et comp., marche à l'air chaud; le succès obtenu dans cet établissement commence à se

répandre, et, lors de mon passage à Birmingham, trois autres usines se mettaient en mesure de faire des essais semblables. Usine de Wenesbury.

L'appareil employé dans l'établissement de M. Forster, est placé au-dessus du gueulard : c'est, je crois, le seul de cette nature qui existe en Angleterre; il se compose d'un solide annulaire pyramidal (*Pl. XI, fig.* 15 et 16), ABCD, et d'une série de petits tuyaux *t* qui s'avancent dans le fourneau.

La surface intérieure *abcd* du solide annulaire, composée d'un long cylindre en fonte de 4 pieds de diamètre et de 12 pieds de hauteur, remplace la cheminée qui surmonte ordinairement le gueulard; la surface extérieure de ce même solide présente la forme d'une pyramide à 8 faces; elle est composée de plaques de tôle clouées ensemble à la manière des chaudières à vapeur; son diamètre au milieu de la hauteur est de 6 pieds, d'où il résulte que le vide annulaire a moyennement deux pieds de largeur. Pour garantir la surface extérieure de cet appareil du contact de l'air, elle est recouverte d'une enveloppe de briques. Appareil placé au-dessus du gueulard.

Le vent, au sortir de la machine soufflante, est porté au haut du fourneau, et se répand dans un tuyau circulaire *e, e, e,* placé à la hauteur du gueulard. Il se divise ensuite dans huit tuyaux verticaux *fg* élevés devant les faces de la pyramide, et qui sont adaptés sur le tuyau circulaire; enfin chacun des tuyaux verticaux communique avec six petits tuyaux *t*, qui traversent horizontalement la surface annulaire, et se prolongent jusque dans l'intérieur même du gueulard. Cette partie des tuyaux *t* entre dans des tuyaux *t'*, fermés à leur extrémité de telle façon,

que l'air dans son mouvement est forcé de se répandre dans la surface annulaire. Ces différens tuyaux sont en fonte; la réunion des tuyaux *t* sur les tuyaux de distribution *fg* a lieu au moyen de manches en cuir *t''*.

L'air, après s'être échauffé dans les tuyaux *t'*, et dans la surface annulaire ABCD, *abcd*, redescend vers les tuyères au moyen du porte-vent *v* : pour empêcher l'air de se refroidir dans ce long trajet, on a placé le porte-vent dans la cheminée de la machine à vapeur, distante seulement de 12 ou 15 pieds. Une espèce de pont en brique *hi* réunit cette cheminée au gueulard du fourneau.

Malgré ces précautions, l'air acquiert dans cet appareil une température qui ne dépasse pas 360° Fahr. (182°, 2 c.). Pour lui donner une température plus élevée, il faut le chauffer de nouveau dans un foyer placé à quelques pieds de l'embrasure du fourneau.

La consommation de ce foyer est à peu près de 4 quintaux par tonne de fonte.

Cet appareil a coûté fort cher à établir, et il exige des réparations fréquentes; la faible économie de charbon qu'il produit (environ 3 quintaux (1) par tonne de fonte) est plus que compensée par les dépenses de construction et d'entretien, et surtout par les arrêts nombreux qui résultent des réparations presque journalières.

L'introduction de l'air chaud a produit, dans l'établissement de MM. Forster et comp., des économies semblables à celles que nous avons signalées dans presque toutes les usines où ce

(1) La consommation moyenne des appareils à chauffer l'air s'élève à 7 quintaux par tonne de fonte produite.

procédé est actuellement adopté : une tonne de fonte exigeait encore en 1831, 3 tonnes de coke, ou $5^{t.}$ $9^{q.}$ de houille. Aujourd'hui la même quantité de fonte ne consomme que $2^{t.}$, $14^{q.}$ de charbon, ainsi qu'il résulte du relevé suivant : Consommations et produits.

Le 20 juillet, on a passé au fourneau 40 charges composées de

10 quintaux de houille en nature,
9 quintaux de minerai grillé,
6 quintaux de castine.

On a obtenu 8 tonnes de fonte; chaque tonne de fonte a donc consommé

	t. q.	t. q.
Houille pour la fusion.	2 . 10	2 , 14
pour l'appareil à chauffer.	» 4	
Minerai grillé.		2 , 5
Castine.		1 , 10

La consommation en castine est considérable, ce qui tient à la nature sulfureuse des minerais; les laitiers qui proviennent de ce fourneau sont cristallins, et dégagent une forte odeur de soufre.

Avant l'introduction de l'air chaud, la production des fourneaux était seulement de 6 tonnes par jour. On a donc obtenu, outre l'économie de charbon, une diminution sur les frais généraux et de main-d'œuvre. La quantité de vent n'a point éprouvé de changement, seulement on a été obligé d'agrandir les ouvertures des buses; de 2 pouces 9 lignes, elles ont été portées à 3 pouces 6 lignes.

Une partie de la fonte produite dans l'établissement de MM. Forster est destinée au moulage, l'autre est transformée en fine-métal. La même coulée donne les deux espèces de fonte; celle qui sort la première du creuset, et qui par suite en occupe le fond, est de la fonte n°. 1, la

partie supérieure du bain donne le n°. 2. On distingue ces deux espèces de fonte à la manière dont elles coulent, et aux stries qui se produisent sur leur surface lorsqu'elles se refroidissent.

Usines du pays de Galles.

Usines du pays de Galles.

Il n'existe dans le pays de Galles que deux usines qui marchent au moyen de l'air chaud, celle de *Warteg* et *Blaen-avon-Works*, à 10 milles d'Abergaveny. Aucune des usines de Myrthir-tidvil n'emploie ce procédé, quoique cependant on ait fait dans plusieurs d'entre elles, et notamment à *Dowlais* et à *Pen-y-darran*, des essais pour l'introduire; l'abandon de l'air chaud, dans un pays si riche en forges, et dans lequel les propriétaires sont constamment occupés de perfectionnemens, a fait naître beaucoup de doutes sur la réalité des avantages qui résultent de cette nouvelle méthode. Les moins incrédules ont pensé que, si effectivement l'air chaud avait apporté une économie considérable dans les usines d'Ecosse où l'on obtenait de la fonte de moulage, ce procédé n'était pas susceptible d'être employé pour la fonte destinée à la fabrication du fer; les exemples que fournissent les usines de Newcastle, de Codnor-Park et Wenesbury, dans lesquelles on fabrique du fer de très-bonne qualité, prouvent que cette opinion n'est pas fondée. On doit attribuer l'abandon de ce procédé dans le pays de Galles, en partie à la mauvaise disposition des appareils, mais surtout à ce que la faible économie qui en résulterait depuis l'emploi du charbon en nature serait presque compensée par les droits du brevet. Pour faire apprécier ces raisons, il est nécessaire

Causes de l'abandon de l'air chaud.

que j'entre dans quelques détails sur les dépenses de fabrication de la fonte dans ce pays.

D'après le peu de renseignemens que j'ai recueillis sur les expériences faites, soit à Dowlais, soit à Pen-y-darran, il paraît que les appareils, d'une construction vicieuse, ne permirent pas de donner à l'air une température supérieure à 300° Fahr. (148°,8 cent.).

Malgré cette faible température, on essaya avec succès la substitution de la houille en nature au coke; un accident arrivé à l'appareil et qui obligea de suspendre, pendant plusieurs jours, l'emploi de l'air chaud, apprit bientôt qu'on pouvait, sans inconvénient, se servir de houille crue, même à l'air froid. L'économie qui résulta de cette substitution fut telle, qu'on ne crut pas possible d'en obtenir une plus grande, et l'on ne répara pas l'appareil, qui était à peu près hors de service; depuis ce moment, presque tous les fourneaux du Pays de Galles consomment de la houille crue; quelques-uns seulement emploient un mélange de houille et de coke; le tableau suivant fait connaître la quantité de houille actuellement nécessaire pour obtenir une tonne de fonte.

A Pen-y-darran (1).				Dowlais.			Caer Fartlha			Plymouth works.	
	t.	q.	d.	t.	q.	d.	t.	q.	d.	t.	q.
Houille.	2	9	»	2	14	»	2	13	1/2	2	13
Minerai grillé. .	2	4	»	2	9	»	2	6	1/2	1	16
Cinders.	»	2	1/2	»	»	»	»	»	»	»	»
Castine.	»	19	1/2	»	13	»	»	16	»	»	»

On doit ajouter la quantité de houille dépensée

(1) J'ai suivi les travaux de Pen-y-darran pendant

par les machines soufflantes; je la supposerai la même dans toutes les usines; elle varie de 5 à 6 quintaux.

La quantité de houille consommée dans ces différentes usines est donc moyennement de 2 tonnes 10 quintaux pour une tonne de fonte. L'économie que l'emploi de l'air chaud pourrait apporter dans la consommation de la houille serait, je crois, au plus du tiers de la dépense actuelle, ou 17 quintaux, de laquelle il faudrait retrancher la dépense de l'appareil qu'on peut évaluer environ à 6 quintaux. L'économie effective ne serait donc que de 11 quintaux; la tonne

---

deux jours, on a passé dans le fourneau, pendant ce temps, 180 charges, ou 90 charges par jour, savoir :

Le 24 juill.,	de 6 h. du matin à 6 h. du soir	42 charg.
Id.	de 6 h. du soir à 6 h. du matin	46
Le 25 juillet	le matin. . , ...	48
Id.	le soir.	44
		180 charg.

On a obtenu le 24, 10 tonn. 18 quint. de fonte.
le 25, 11 tonn. 1 quint.

Chaque charge était composée de

5 weight de houille de 120 livres chaque.	600 liv.
4 weight et demi de minerai grillé. . . .	540
Cinders (1), 1 charge sur 4.	30
2 weight de calcaire.	240

On jette ordinairement 3 charges dans ce fourneau, ce qui réduit à 30 le nombre réel de charges. En calculant d'après ces données, on trouve les nombres indiqués ci-dessus.

Je joins à ces détails, sur le travail journalier des hauts-fourneaux du pays de Galles, les dépenses de fabrication

(1) Les scinders sont les scories qui proviennent du travail du fer. on ajoute au minerai une certaine quantité de celles qui tombent près des cylindres, lorsqu'on passe le fer au laminoir ou des scories qui proviennent du fourneau à réchauffer (heating furnace).

de houille revenant à 3 schellings 7 pence (4 fr. 51 c.) dans le pays de Galles, la diminution dans la dépense serait seulement de 2 fr. 48 c., et comme le brevet coûte 1 fr. 25 c., elle se réduirait à 1 f. 23 c.

---

de la fonte et du fer dans ce comté. Ces nombres, sur l'exactitude desquels on peut compter, m'ont été communiqués par un des propriétaires des usines de Mertirtidvil, et j'ai été à même de vérifier les derniers qui se rapportent aux matières premières.

Fabrication de la fonte dans le pays de Galles.

	l.	sch.	p.	fr.	c.
1°. Minerai 5 weight de minerai cru, de 120 liv. chaque, à 11 sch. la tonne (1).	1	10	9	37	95
2°. Houille 10 barrous de coke = 53 q. de charbon, à 3 sch. 7 p. la ton.	0	9	1	11	44
3°. Castine 18 q. de calcaire, à 3 sch. la tonne.	0	2	7	2	62
4°. Main-d'œuvre, 4 sch. 7 pence la tonne.	0	4	7	5	74
5°. Frais généraux, 3 ch. .	0	3	0	3	78
Prix d'une tonne de fonte. . .	2	10	0	61	53

Fabrication du fer.

La transformation de la fonte en fer exige trois opérations :

a. Fabrication du fine-métal. On dépense, pour une tonne de fine-métal. . . . . 23 q. de fonte.

b. Puddlage. On dépense pour une tonne de fer puddlé. . . . . 22 q. de fine-métal.

c. Soudage et forgeage du fer puddlé On dépense pour une tonne de fer en barre. . . . . 22 q. de fer puddlé.

(1) La tonne du pays de Galles est de 2090 livres.
Le quintal de. . . . . 104 d. 5.

(*Suite de la note, page suivante*)

Cette économie, très-légère en elle-même, serait surtout peu sensible dans un pays où le bon mar-

---

a. Fabrication du fine-métal.

	l.	sch.	p.	fr.	c.
1°. Fonte, 23 q. à raison de 50 sch. la tonne	2	17	6	72	45
2°. Houille, 15 baskets, faisant 53 q., à 3 sch. 7 p.	0	1	0 ½	1	31
3°. Main-d'œuvre	0	2	1 ½	2	67
4°. Frais généraux	0	2	4	2	94
Prix d'une tonne de fine-métal	3	3	0	79	37

b. Puddlage.

	l.	sch.	p.	fr.	c.
1°. Fine-métal, 22 q. à 63 sch. la tonne de 2090	3	9	4	87	34
2°. Houille, 16 weight, de 120 liv. chaque, à 3 sch. 7 p.	0	2	9	3	47
3°. main-d'œuvre	0	8	6	10	71
4°. Frais généraux	0	2	5	3	02
Prix de fabrication d'une tonne de fer grossier (rough bars)	4	3	0	104	54

c. Fabrication du fer marchand.

	l.	sch.	c.	fr.	c.
1°. Fer grossier, 22 q. à 83 sch.	4	11	3 ½	115	23
2°. Houille, 11 weight et demi de 120 livres chaque, à 3 sch. 7 p.	0	1	11 ½	2	46
3°. Main-d'œuvre	0	5	6	6	93
4°. Frais généraux	0	2	3	2	83
Prix de fabrication d'une tonne de fer marchand (1)	5	1	0	127	25

(1) Dans quelques usines, ce prix s'élève jusqu'à 5 liv. 10 sch. = 138 fr. 60 c. Cette différence tient aux dépenses et frais généraux qui varient suivant la nature des baux.

ché des matières premières permet de fabriquer la fonte à un prix inférieur à celui auquel elle revient dans les forges des autres provinces de l'Angleterre.

Je crois donc qu'il ne faut pas conclure de la non-adoption de l'air chaud dans les usines du pays de Galles, que ce procédé n'apporterait aucune diminution dans la consommation de charbon ; tout me porte, au contraire, à penser qu'il y aurait économie comme dans les autres usines où cette méthode est en usage ; mais il est évident que la dépense en houille étant très-faible dans le pays de Galles, l'économie ne serait pas aussi marquée que dans les forges d'Ecosse.

L'usine de Warteg, dont nous avons parlé au commencement de ce paragraphe, vient à l'appui de cette opinion ; dans cet établissement, l'appareil à chauffer l'air n'a qu'un faible développement de tuyaux, de sorte que l'air ne peut y acquérir une température supérieure à 400° Fahr. (204°,4 cent.) ; la houille très-grasse et qui perd 55 pour cent, dans la fabrication du coke, n'est pas susceptible d'être employée en nature dans le fourneau, du moins avec la faible température à laquelle l'air est élevé : il résulte de ces deux circonstances, que l'économie obtenue dans cette usine n'est pas aussi grande que dans les hauts-fourneaux d'Ecosse ; elle est comparable à l'économie qui a eu lieu dans ce pays lorsque les appareils étaient moins perfectionnés, et qu'on brûlait encore du coke ; néanmoins, la diminution du prix de revient est encore notable ; en effet, avant l'introduction de l'air chaud, une tonne de fonte

Usine de Warteg.

consommait 2 tonnes de coke (1), correspondantes à 4 tonnes 3 quintaux de houille; la consommation en coke est encore d'environ 2 tonnes ; mais la houille n'ayant pas besoin d'être complétement carbonisée, ces 2 tonnes de coke représentent seulement 3 tonnes de houille.

La production a été augmentée de 6 tonnes à 8 tonnes de fonte par 24 heures.

Emploi de l'air chaud dans les cubilots.

Il existe plusieurs cubilots ou fourneaux à la Wilkinson, dans lesquels la combustion est alimentée par un courant d'air chaud. Le peu d'attention qu'on apporte, en Angleterre, à la consommation de la houille répandue presque partout avec une si abondante profusion, fait qu'on se donne rarement la peine de peser la quantité de coke jetée dans les cubilots. Cette circonstance m'a empêché de constater par moi-même les avantages qui résultent de ce nouveau procédé; je crois néanmoins utile de faire connaître le peu de renseignemens que j'ai recueillis à ce sujet. Je donnerai aussi la description de deux appareils adaptés aux gueulards des cubilots.

Cubilots près de Newcastle. Dans l'usine de Tyne-Iron-Works, que j'ai déjà citée en parlant des forges des environs de Newcastle, il existe deux cubilots qui marchent à

(1) Ces nombres m'ont été indiqués par M. Kenrich, l'un des propriétaires de l'usine de Warteg ; je n'ai eu aucun moyen de les vérifier, n'ayant passé que peu d'heures sur cet établissement.

l'air chaud. Ils sont alimentés par le même appareil qui fournit l'air aux hauts-fourneaux. Ces cubilots sont circulaires; ils ont 5 pieds et demi de haut, et 30 pouces de diamètre intérieur. Construits intérieurement en briques réfractaires, ils sont formés extérieurement d'un cylindre en fonte : ils reçoivent le vent par deux buses placées l'une au-dessus de l'autre, et ayant chacune 2 pouces 3 quarts de diamètre.

D'après les renseignemens que l'un des propriétaires a eu la complaisance de me donner, la consommation de ces fourneaux est de 280 livres de coke pour une tonne de fonte moulée. On y fond moyennement une tonne de fonte par heure. Ces cubilots ont été construits seulement depuis l'adoption du procédé de l'air chaud.

Cubilot de Wenesbury.

A Wenesbury, dans l'usine de MM. Lloyd, Forster et comp., les fourneaux à la Wilkinson sont rectangulaires; ils ont environ 7 pieds de haut, et leur vide intérieur a 36 pouces sur 30. Le vent est donné par deux buses ayant 3 pouces de diamètre; on fond, dans ces fourneaux, une tonne de fonte par heure, et chaque opération dure 20 minutes. La consommation de coke est de 260 livres par tonne de fonte; avant l'adoption de l'air chaud on consommait 400 livres de coke pour la même quantité de fonte. L'influence la plus grande de l'air chaud, dans les cubilots, est sur la durée de l'opération; une fonte qui a lieu maintenant en vingt minutes, en demandait quarante avant l'adoption de ce procédé.

Il résulte des consommations que je viens de citer

à Wenesbury, qu'un quintal de fonte, qui exigeait à l'air froid 20 livres de coke. n'en consomme plus que 13, depuis que les cubilots sont soufflés par de l'air chaud.

MM. Coste et Perdonnet (*Annales des mines, IIe. série, tome* VI, *page* 85), indiquent que la quantité de charbon consommée dans les cubilots de Birmingham, de Manchester et de Newcastle, est moyennement de 25 pour cent; si on rapproche ces nombres des indications que je viens de donner, on voit que l'adoption de l'air chaud aurait produit une économie de moitié dans la consommation de la houille et dans les autres dépenses de seconde fusion de la fonte.

Dans la plupart des usines où l'air destiné à alimenter les cubilots n'est pas fourni par les appareils qui desservent les hauts-fourneaux, on est dans l'habitude de profiter de la flamme qui s'échappe des gueulards de ces cubilots pour chauffer l'air qu'ils consomment; je joins ici la description succincte de deux de ces appareils placés au-dessus du gueulard; ils ont été construits dans les ateliers de MM. Jeffries et Patton, de Londres.

Appareils placés au-dessus du gueulard des cubilots.

L'appareil représenté (*Pl. XI, fig.* 19 *et* 20), consiste en une série de tuyaux *a*, *a'*, *a''*, disposés horizontalement au-dessus du gueulard, et communiquant, au moyen de coudes, dans deux boîtes *b* et *b'*, placées sur les faces verticales du cubilot; l'air, au sortir de la machine soufflante, arrive dans le tuyau *c*, entre dans le compartiment *d* de la boîte *b*, passe dans le tuyau *c'* et le compartiment *d'* de la boîte *b'* en suivant la direction indiquée par les flèches, il arrive ensuite en *f*, où il se divise pour se distri-

buer entre les deux buses; toutes les parties de cet appareil sont en fonte.

Le second appareil (*Pl. XI*, *fig*. 17 et 18) se compose d'une série de tuyaux verticaux *a*, disposés circulairement sur la paroi du gueulard; ces tuyaux, qui ont 3 pouces de diamètre intérieur, communiquent par leurs extrémités dans deux anneaux A et A′, placés, l'un immédiatement sur le pourtour du gueulard, l'autre à la partie supérieure des tuyaux *a*. Un large cylindre en tôle *b* enveloppe extérieurement l'ensemble des tuyaux, et force la flamme à circuler autour d'eux.

L'air au sortir de la machine soufflante arrive dans l'anneau supérieur A′ au moyen du tuyau *c* (*fig*. 18); il se divise entre les tuyaux verticaux *a*, *a′*, et se réunit ensuite dans l'anneau inférieur A : enfin il se distribue aux tuyères au moyen des deux tuyaux verticaux *d*, *d′*.

On a ménagé à la partie supérieure du gueulard, et au-dessus de l'anneau inférieur A, une ouverture P pour charger le fourneau.

Je n'ai pas vu fonctionner ce dernier appareil; il me paraît préférable à celui que j'ai décrit d'abord; l'air doit y acquérir une température plus élevée, et éprouver moins de résistance dans son mouvement.

Emploi de l'air chaud dans les fineries et dans les forges de maréchal.

L'air chaud a été essayé dans l'opération de l'affinage et dans des foyers à travailler le fer.

Je n'ai pas eu d'occasion de visiter d'usine où on ait essayé de souffler les fineries à l'air chaud; mais je sais qu'à la forge du Janon, près

Essai de l'air chaud dans les fineries.

Saint-Étienne, les résultats obtenus par ce procédé ont été peu favorables à l'application de l'air chaud. Il en a été de même dans une usine des environs de Birmingham; cette non-réussite de l'emploi de l'air chaud dans les fineries, n'infirme en rien les avantages qu'il produit dans le travail des hauts-fourneaux constatés par de nombreux exemples. L'on conçoit jusqu'à un certain point cette variation dans les résultats de l'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux et dans les fineries, attendu que l'air joue des rôles différens dans les opérations, de l'affinage et de la fusion des minerais.

Application à des forges de maréchal.

J'ai indiqué, au commencement de ce rapport, que le premier essai de l'air chaud avait été fait par M. Nielson, sur une forge de maréchal qui dépend de l'usine au gaz de Glasgow. L'air est chauffé par le foyer même de la forge, au moyen d'une double boîte en fonte (*Pl. XI, fig.* 21) qui forme le sol même de la forge. L'air, en arrivant par le tuyau F se rend dans le fond D de la boîte, et ressort par la tuyère E après avoir traversé les compartimens H et H'.

M. Nielson a eu la complaisance de faire forger devant moi plusieurs barres de fer de différens calibres, afin que je puisse juger de l'effet que produit l'emploi de l'air chaud dans ces petites forges. N'ayant pas vu faire d'essais comparatifs, il m'est difficile d'avoir une opinion sur l'avantage qui résulte de ce procédé ; j'avoue même que je conçois difficilement que la faible température que l'air doit acquérir dans l'appareil adapté à cette forge, puisse avoir une influence bien grande sur l'économie de l'opération.

J'ai fait nettoyer complétement le foyer pour

voir la disposition extérieure de l'appareil, en même temps que pour apprécier le temps nécessaire au soudage; on a alors rétabli le feu, et au bout de quatre minutes, à partir du moment où le premier charbon allumé a été placé dans la forge, une barre de fer d'un pouce carré de diamètre a été chauffée au rouge blanc. En la sortant du feu, cette barre lançait des étincelles brillantes, et le peu de laitier qui la recouvrait coulait en gouttelettes très-liquides. La barre plongée dans l'eau était encore, au bout d'une minute d'immersion, d'un rouge sombre, et assez chaude pour être forgée.

Je n'ai pu constater la quantité de charbon consommée; elle varie beaucoup suivant les dimensions des pièces à forger : M. Nielson m'a assuré que la consommation en houille de cette forge était reduite d'un tiers depuis qu'elle était alimentée par l'air chaud.

Il paraît qu'il existe déjà plusieurs forges à maréchal dans lesquelles on a adopté ce nouveau procédé; il suffit, pour avoir le droit de s'en servir, d'acheter cet appareil chez MM. Jeffries et Patton de Londres, que j'ai déjà cités pour les appareils placés sur les gueulards des cubilots.

Essais sur l'air chaud en France.

Depuis quelques mois plusieurs maîtres de forges français ont essayé d'introduire, dans leurs usines, le procédé à l'air chaud; M. Boigues, qui a si puissamment contribué aux progrès de l'industrie du fer par la construction de la belle forge à l'anglaise de Fourchambault (Nièvre), a également fait les premiers essais pour l'emploi de l'air chaud. Plusieurs autres usines, celles de *Vienne* (Isère), de *la Voulte* (Ardèche), de *Rieupéroux*,

près de Grenoble, ont également adopté ce procédé.

Essai de l'air chaud au fourneau de Torteron.

L'appareil construit par M. Boigues présente, comme celui de la Clyde (*Pl. XI, fig.* 1 *et* 2) un long développement de tuyaux; le fourneau de Torteron (Cher), auquel il a appliqué ce procédé, marche avec un mélange de charbon de bois et de coke. L'application de l'air chaud à ce fourneau n'a pas produit d'économie de combustible, ainsi qu'on l'espérait; mais la nature de la fonte a complétement changé; de blanche elle est devenue grise, et maintenant ce haut-fourneau donne une fonte propre au moulage des pièces les plus délicates, et qui peut lutter avec les fontes anglaises. Lorsque cette fonte est coulée en gueuses son grain est gros, à structure écailleuse, testacée et très-brillante. Le grain de cette fonte devient beaucoup plus fin lorsqu'elle est coulée en objets de peu d'épaisseur, ou moulée en seconde fusion; dans ce cas elle est remarquablement douce au ciseau.

Marche du fourneau.

Le fourneau de Torteron est en feu depuis vingt-huit mois, sa marche est très-régulière, et les charges se succèdent à des intervalles à peu près égaux; on fait moyennement 42 à 44 charges par vingt-quatre heures; on y traite deux espèces de minerai, l'une, dite *mine froide*, est le véritable minerai de fer du Berry, elle est en petits grains ronds bruns ou légèrement ocreux. La seconde espèce, appelée *mine chaude*, est très-argileuse; elle se compose de grains disséminés dans de l'argile tenace et fine.

On consomme, dans ce fourneau, un mélange de charbon de bois, principalement de chêne, et de coke acheté sur les mines de Saint-Etienne.

Je n'ai pas les données nécessaires pour apprécier

avec exactitude les changemens apportés dans la consommation en combustible par l'introduction de l'air chaud au haut-fourneau de Torteron; mais, à leur défaut, je vais comparer les résultats obtenus dans deux fourneaux peu distans l'un de l'autre, Torteron et la Guerche (Cher); appartenant à la même compagnie et marchant dans des circonstances assez analogues. Je suis redevable des nombres que je vais transcrire, à M. Boigues, qui a eu la complaisance de me communiquer les livres de fonte de son établissement.

Consommations et produits.

Consommations et produits du fourneau de la Guerche marchant à l'air froid.

Semaines.	Charbon de bois.	Coke.	Minerai.	Castine.	Fonte produite
	k.	k.	k.	k.	k.
Du 24 au 30 novembre. 1833	33329	16800	101500	22400	41524
Du 1er. au 7 décembre. . . .	34510	17400	99000	22400	40460
Du 8 au 14 décembre.	33320	16800	93000	22400	38430
	101150	51000	293500	67200	120414

Houille pour la machine à vapeur du 24 novembre au 14 décembre 335 hect.,95.

Consommations et produits du fourneau de Torteron marchant à l'air chaud.

Semaines.	Charbon de bois.	Coke.	Minerai.	Castine.	Fonte produite
	k.	k.	k.	k.	k.
Du 24 au 30 novembre. 1833	38528	20640	120000	44720	46969
Du 1er. au 7 décembre. . . .	34384	18420	115125	39910	40607
Du 8 au 14 décembre. . . .	35504	19020	122675	39625	43307
	108416	58080	366800	124255	130883

Houille pour la machine à vapeur du 24 nov au 24 déc. 364 hect.,69.
— pour l'appareil à chauffer l'air. . . . . 543 18.

Il suit de ces tableaux, que pour une tonne de fonte, ou 1000 kilog., on consomme

	La Guerche.	Torteron (1).
Charbon de bois.	833 kil.	828 kil.
Coke.	413 —	443 —
Minerai.	2437 —	2802 —
Castine. . , ...	558 —	949 —
Houille pour la machine.	2,79 hect.	2,71 hect.
— pour l'appareil. .	» —	4,15 —

La comparaison qui résulte du rapprochement de ces nombres n'est pas favorable à l'emploi de l'air chaud; mais on doit ajouter que la marche des deux fourneaux n'est pas entièrement comparable, à cause de la différence qui existe entre la nature et la quantité des matières premières qui y sont employées; ainsi la richesse du minerai fondu dans le haut-fourneau de la Guerche, est de 41 p. 100, tandis que la richesse du minerai de Torteron n'est que de 35 p. 100. La quantité de castine ajouté au minerai est, à Torteron, presque double de celle employée au fourneau de la Guerche; malgré ces deux circonstances défavorables, le produit journalier du fourneau de Torteron surpasse celui de la Guerche. Si donc, au lieu de comparer la quantité de combustible consommé à la fonte produite, on cherchait le

(1) La puissance de la machine à vapeur qui fait marcher la soufflerie du fourneau de Torteron est de seize chevaux; la consommation de houille de cette machine est augmentée dans une assez grande proportion depuis que ce fourneau est alimenté par l'air chaud; cette circonstance prouve, ainsi que nous l'avons annoncé, qu'il faut une force plus grande pour projeter dans un fourneau, une même quantité d'air lorsqu'il est échauffé.

rapport entre la quantité de matière à fondre et le combustible, on trouverait que le fourneau de Torteron marche plus économiquement que celui de la Guerche. En effet, dans ce dernier fourneau, 1000 kilog. du mélange de minerai et de castine exigent 419 kilog. de combustible; tandis qu'à Torteron 1000 kilog. du même mélange ne consomment que 339 kilog. de charbon.

L'emploi de l'air chaud présenterait donc encore à Torteron une économie assez prononcée; mais il est un avantage non moins essentiel, c'est l'influence que ce procédé exerce sur la nature de la fonte qui est devenue propre au moulage; cette circonstance lui a donné une valeur qui surpasse d'un quart au moins le prix de la fonte produite à l'air froid.

Outre le haut-fourneau dont nous venons de parler, il existe à Torteron un cubilot soufflé à l'air chaud (1). L'appareil employé pour cet usage (*Pl. XI*, *fig.* 19 *et* 20) a été acheté dans l'atelier de M. Jeffries à Londres.

Je ne puis indiquer l'avantage qui résulte de l'emploi de l'air chaud dans ce cubilot, attendu que je connais seulement les consommations actuelles de ce fourneau; M. Boigues, qui a eu la complaisance de me communiquer ces documens intéressans, regarde que ce nouveau procédé a produit une légère économie de combustible; mais l'avantage principal qui en résulte, consiste dans l'accélération de l'opération; la fonte restant moins long-temps exposée au courant d'air

(1) Je dois ces renseignemens à M. Guiot, élève-externe des mines, qui a visité cette année l'établissement de Fourchambault.

des soufflets, n'éprouve pas de commencement d'affinage, comme cela arrive assez souvent. Cette accélération de vitesse permet en outre de faire un plus grand nombre de fondages dans un temps donné.

Consommations du cubilot de Torteron, soufflé à l'air chaud, pendant 6 jours

1833.	Consommation		Produit en moulerie.		Consommation en fonte et combustible pour 100 k. de moulage.	
	De fonte.	De coke.	Nombre des pièces.	Poids.	Fonte.	Coke.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
8 décemb.	2700	740	131	2460	108	30
9 décemb.	3600	1070	246	3345	107	32
10 décemb.	2550	710	135	2366	108	30
11 décemb.	2650	740	139	2451	108	30
12 décemb.	2600	720	126	2380	109	30
13 décemb.	2400	680	117	2169	110	31
	16500	4660	694	15171	108	30

Fourneau de Vienne.

L'emploi de l'air chaud introduit à *Vienne*, depuis quinze mois, a produit une réduction de plus d'un tiers dans la consommation en combustible. M. Gueymard, dans un rapport adressé à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines (*pag.* 87), indique que la consommation de coke, qui était de 250k.,87 pour 100 kilogrammes de fonte produite à l'air froid, a été réduite à 146k.,24.

La dépense en castine a également éprouvé une diminution de près de moitié.

Enfin la production, qui était anciennement de 4.750 kil. de fonte par 24 heures, a été portée à 5.988 kil.

Depuis le rapport que je viens de citer, MM. Le Cocq, Defourcy et de Mont-Marin, élèves ingénieurs des mines, ont visité l'établissement de Vienne. Ils ont rédigé sur cet établissement un mémoire dans lequel ils donnent des détails très-circonstanciés sur les consommations du fourneau depuis l'emploi de l'air chaud. Les nombres qu'ils qu'ils indiquent confirment entièrement les avantages annoncés dès les premiers jours, par M. Gueymard; mais comme ils se rapportent à un roulement beaucoup plus long je crois de quelque intérêt de les faire connaître.

Le passage suivant est extrait textuellement du mémoire que je viens de citer.

Consommations et produits des hauts-fourneaux de Vienne, pendant les mois de septembre, novembre et décembre 1832, *et août* 1833.

DÉSIGNATION des mois.	COKE pour la fusion.	MÉLANGE ET QUANTITÉS DE MINERAIS (1).		CASTINE.	Houille pour chauffer l'air.	Fonte produite.	Nombre des charges.
	k.		k.	k.	h.	k.	k.
Sept. 1832, à l'air froid, jusqu'au 25, à l'air chaud; du 25 au 30.	274920	De la Voulte. 145000 De Comté. . 32012 Du Bujet . . 39700	216712	65650	»	90869	1201
Nov. 1832, à l'air chaud.	242696	De la Voulte. 262112 Du Buget. . 34400	296512	56612	652	143929	1016
Déc. 1832, à l'air chaud.	236104	De la Voulte. 230850 Du Bujet . . 14525	245375	54562	644	122298	1017
Août 1833, à l'air chaud.	218391	De la Voulte. 166974 Du Bujet . . 63237	230211	63237	537	108622	1015

(1) On traite, dans le fourneau de Vienne, un mélange de mineral de la Voulte, de Franche-Comté et de Villebois ou du Buget.

Le mineral de la Voulte est un mélange de fer oligiste compacte et de fer carbonaté.

D'après ces données on a calculé, dans le tableau suivant, les quantités de coke, de minerai, et de castine consommées, aux différentes époques que nous venons de citer, pour obtenir 100 kilog. de fonte. On y ajoute en outre la quantité de fonte produite dans vingt-quatre heures ; et, pour que la comparaison avec les usines anglaises soit plus facile, on a transformé le coke en houille ; nous avons admis pour cette transformation que l'hectolitre de houille pèse 75 kilog., et que la houille rend 50 p. 100 de coke.

Consommations pour obtenir 100 kilog. de fonte.

	Minerai.	Castine.	Coke pour la fusion.	Houille pour chauffer l'air.	Houille totale.	Fonte en 24 h.	Nombre des charges en 24 h.	Composition des charges.
	k.	k.	k.	hect.	k.	k.		k.
1828, air froid.	255,00	109,28	275,00	»	550	3500,00	51	Coke. 200 Min. 75 Cast. 75
Sept. 1832, air froid	238,45	72,24	302,50	»	905	3028,90	49	Coke. 228,9 Min. 180,4 Cast. 54,66
Nov. 1832, air chaud.	206,01	35,16	167,92	0,453 ou kil. 33,97	369,8	4797,60	33,90	Coke. 237,8 Min. 291,8 Cast 49,81
Déc. 1832, air chaud.	200,63	44,61	184,87	0,526 ou kil. 39,45	409,4	3945,09	32,80	Coke 232,15 Min 241,27 Cast 53,64
Août 1833, air chaud.	211,93	58,21	201,05	0,493 ou kil. 36,47	439,1	3503,92	32,72	Coke. 215,16 Min. 226,1 Cast. 62,3

Il résulte de l'inspection de ce tableau que le

Le minerai de Franche-Comté vient d'Autrey, c'est un minerai en grains, qui rend de 25 à 28 pour 100 de fer.

Le minerai de Villebois ou du Buget est très-pauvre, il est composé de petits grains oolitiques disséminés dans du calcaire ; on s'en sert pour diminuer la proportion de castine.

mois de novembre est celui qui offre les résultats les plus avantageux, tant sous le rapport de la quantité de fonte produite, que sous le rapport des consommations de minerai et de castine. Il est vrai de dire que, dans ce mois, la fonte fut presque toujours truitée blanche; on s'attacha plutôt à la grande production de la fonte qu'à sa qualité.

Pendant le mois d'août, la quantité de fonte produite a été moins considérable, ainsi que la diminution dans les consommations, mais la fonte a été d'une qualité supérieure.

La diminution dans les dépenses résultant de l'emploi de l'air chaud, a donc été, en comparant les produits de l'année 1828 à l'air froid, et du mois de novembre 1832 à l'air chaud, pour 100 kilog. de fonte, de 49 kilog. de minerai, $74^{k.}$,12 de castine, et $180^{k.}$,20 de houille.

La production en fonte a été augmentée de $1.297^{k.}$,60 par vingt-quatre heures.

Usine de la Voulte. Depuis le mois de septembre dernier, un des trois hauts-fourneaux dont se compose l'établissement de la Voulte, marche à l'air chaud; l'appareil construit par M. Philip Taylor, ingénieur civil, consiste en un tuyau horizontal de 0^{m},57 de diamètre extérieur, sur 48 mètres de longueur, portant des branches qui se dirigent vers chaque buse; ce tuyau, posé sur des rouleaux pour prévenir les inconvéniens qui résultent de la dilatation, traverse des chauffoirs placés près des tuyères; la position des fourneaux, construits seulement à quelques pieds d'un escarpement presque à pic, apportait un grand obstacle au placement de cet appareil. M. Taylor a surmonté cette difficulté en construisant un arche qui La Voulte.

s'appuie à la fois sur l'escarpement et sur le mur de derrière des fourneaux. La surface exposée à l'action de la chaleur est de 177.795 mètres carrés (1) ; et la quantité d'air lancée à chaque buse est de 500 pieds cubes par minute.

Avant l'emploi de l'air chaud on passait, par vingt-quatre heures, dans les fourneaux de la Voulte, soixante-douze charges composées chacune de

Minerai.	230 kil.,	ce qui faisait	16560 kil.
Coke. .	200,	par 24 heures	14400
Castine.	60		4320

Le produit moyen correspondant à ces charges était de 7.000 kil. de fonte.

Augmentation successive de minerai.

Aussitôt que l'air chaud fut appliqué au fourneau, les charges descendirent plus lentement; on ajouta alors, dès le second jour, 20 kilog. de minerai par chaque charge; l'allure du fourneau étant bonne, on ajouta de nouveau, le second jour, 40 kilog. par charge; cette seconde addition de minerai détermina une descente plus rapide des charges, dont le nombre fut porté à soixante-seize. Les scories, très-liquides, portaient tous les caractères d'un bon travail, et la fonte, dont la structure était cristalline, était d'un gris foncé. Les deux jours suivans, on augmenta de nouveau les charges de 40 kilog. M. Taylor, qui dirigeait ces expériences, trouvant que la fonte produite était encore trop grise pour le puddlage, se décida à

(1) Il résulte, de quelques expériences faites sur des chauffoirs de formes différentes que, pour élever par minute 100 pieds cubes d'air à 320°, il est nécessaire de leur faire traverser une surface de tuyaux de 1m,66, chauffée à la température du rouge brun.

faire une nouvelle addition de 20 kilogrammes de minerai.

Le huitième jour on passait donc, dans le fourneau, 76 charges composées de

Minerai.	350 kil.	faisant ensemble	26600 kil.
Coke. .	200		15200
Castine.	60		4560

Le produit en fonte avait été porté à 11.000 kilog. de fonte grise truitée.

Plus tard, le nombre de charges ayant été porté à 84 par vingt-quatre heures, la production s'éleva à 14.000 kilog.

Le combustible employé pour chauffer l'air a été de 0,25 de menue houille pour 1 de fonte.

D'après ce procès-verbal des expériences faites par M. Taylor, à l'établissement de la Voulte, il résulte que, par l'introduction de l'air chaud dans cet établissement, la consommation en coke, nécessaire pour produire 1.000 kilog. de fonte, a été réduite de 2.057 kilog. à 1.210 kilog., y compris la houille nécessaire pour l'appareil à chauffer, en supposant cette houille transformée en coke. Comparaisons entre les Consommations.

L'établissement de la Voulte présente à la fois, sous la même halle, un fourneau marchant à l'air chaud, et deux fourneaux soufflés à l'air froid, toutes les autres circonstances étant exactement semblables ; on peut donc vérifier à chaque instant les résultats que nous venons d'indiquer.

A *Rioupéroux*, dans le département de l'Isère, M. Gueymard a obtenu des résultats analogues. Le fourneau qui consommait, il y a peu de temps, 1.610 kilog. de charbon de bois, par tonne de fonte produite, ne dépense plus, depuis qu'il marche à l'air chaud, porté à 130°. R., que 1.270

kilog. de charbon, non compris l'anthracite qui sert à chauffer l'air (*page* 508) : ce résultat est d'autant plus important, que c'est le premier exemple de l'air chaud appliqué à un fourneau alimenté par du charbon de bois ; il répond aux doutes de quelques personnes qui craignaient que ce procédé ne pût être employé avantageusement avec ce genre de combustible.

Emploi de l'air chaud en Wurtemberg.

Essais de l'air chaud en Wurtemberg. Le procédé de l'air chaud, récemment introduit dans la fonderie royale de *Wasseralfingen* en Wurtemberg, a également apporté une économie très-considérable dans la consommation du combustible. D'après une notice publiée par M. Voltz (*pag.* 77), qui a été chargé, par M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, de suivre les essais exécutés à Wasseralfingen, la quantité de charbon de bois nécessaire pour obtenir 100 livres de fonte a été réduite de 185 livres à 113, et la production journalière en fonte a été portée de 7.530 livres à 10.500.

L'appareil employé dans cette fonderie, pour chauffer l'air, est placé au-dessus du gueulard, et ne nécessite aucune dépense de combustible.

Remarques sur la nature des houilles employées dans les fourneaux alimentés par de la houille crue.

J'ai fait remarquer, dans la description qui précède, que certaines houilles, celles du pays de Galles, sont employées en nature pour la fusion des minerais de fer dans les hauts-fourneaux alimentés par de l'air froid. Qu'un grand nombre d'autres, les houilles de Glasgow, par

exemple, sont également susceptibles de servir à l'état cru lorsque les fourneaux marchent à l'air chaud : enfin que, pour quelques-unes, la transformation en coke paraît encore indispensable, quel que soit le procédé au moyen duquel on fabrique la fonte.

Pour apprécier les causes de ces différences si remarquables dans les propriétés des houilles, j'ai recueilli des échantillons de la plupart des charbons employés dans les usines dont j'ai parlé dans ce rapport. M. Berthier a eu la complaisance de les essayer au laboratoire de l'école des mines, et je transcris les résultats qu'il m'a fait l'amitié de me communiquer.

Houilles employées, à l'état cru, dans les fourneaux du pays de Galles, marchant à l'air froid.

	Dowlais.	Caerfartha.	Pen-y-darran.
Charbon.	0,795	0,784	0,768
Cendres.	0,030	0,028	0,032
Matières volatiles .	0,175	0,188	0,200
	1,000	1,000	1,000

Houilles employées à l'état cru à l'air froid.

Houille de Dowlais. Elle est lamelleuse, se sépare en travers des couches par des plaques lisses et brillantes; cette houille se compose de deux parties distinctes : l'une brillante, se divise en petits fragmens cubiques; l'autre complétement matte, dure, à cassure conchoïde, est en tout analogue au *cannel-coal*; ces deux charbons ne se mêlent pas, ils forment, dans chaque couche, des petits lits plus ou moins puissans. La partie

brillante est de beaucoup la partie dominante; la houille de Dowlais ne tache pas les doigts, elle se boursouffle très-peu et ne colle pas; ses cendres sont complétement blanches.

Houille de Caerfartha. Elle n'est ni schisteuse ni lamelleuse; elle est composée, comme la précédente, de la réunion de parties brillantes et de parties compactes noires, mélangées dans tous les sens, à la manière des cristaux de quartz et de feldspath dans un granite; ces deux variétés de charbon se comportent très-différemment; la variété éclatante se boursouffle et s'agglutine assez fortement, tandis que la partie terne est sèche et ne change pas de forme par son exposition au feu; c'est probablement ce mélange qui donne à la houille employée à l'usine de Caerfartha, la propriété de résister plus que toute autre à l'action du vent et aux différens mouvemens qui ont lieu dans le fourneau. C'est en outre à cette circonstance qu'est due la friabilité qu'elle possède; mais le bitume, qui existe en assez grande abondance dans le charbon éclatant, agglutine les différentes parties de cette houille, et lui donne une grande solidité, une fois qu'elle a été exposée au feu (1).

Houille de Pen-y-darran. Elle est de même nature que la précédente. Seulement le mélange des parties ternes et des parties brillantes est moins intime.

---

(1) La propriété que présente la houille employée à Caerfartha, a fait naître l'idée de se servir de l'anthracite en le carbonisant légèrement avec de la houille très-grasse. Ce procédé, sur lequel je n'ai du reste aucun détail, a donné, m'a-t-on assuré, des résultats très-satisfaisans, dans le travail des hauts-fourneaux.

Ces trois houilles proviennent du bassin houiller du pays de Galles; elles sont très-sèches, et doivent cette propriété à l'excès de carbone qu'elles contiennent; elles sont analogues à la houille de Rolduc.

Houilles employées, à l'état cru, dans les fourneaux marchant à l'air chaud.

		Environs de Glasgow.			Staffordshire	Derbyshire.	
		La Clyde.	Calder.	Monkland. works.	Tipton, près Wenesbury.	Butter-ley.	Codnor. Park.
Charbon.		0,644	0,510	0,562	0,675	0,57	0,515
Cendres.		0,046	0,040	0,014	0,025	0,83	0,030
Matières volatiles.	Eau.	0.005	0,039	0,115	--		
	Gaz.	0,139	0,081	0,094	0,300	0,40	0,455
	Goudron.	0,166	0,330	0,215			
		1,000	1,000	1,000	1,000	1,00	1,000

Houilles employées à l'état cru, à l'air chaud.

La houille des environs de Glasgow, employée dans les usines de la Clyde, de Calder et de Monkland-Works présente des caractères assez constan, et leur composition est très-analogue, ainsi qu'il résulte du tableau précédent.

Ce charbon est généralement terne, un peu compacte, dur, ne se rompt pas entre les doigts. Il présente, dans la cassure en travers, une série de petites lignes qui lui donnent une apparence schisteuse, quoiqu'il ne possède pas réellement cette propriété. Il est très-bien stratifié, et les morceaux se fendent en fragmens plats plus ou moins épais. Les surfaces de séparation sont presque toujours marquées par de la matière charbonneuse noire, qui tache les doigts, et ressemble

qu'on avait essayé infructueusement de se servir de la houille de Newcastle sans la transformer en coke.

La houille d'*Apedale-Works* est lamelleuse, éclatante et esquilleuse, mate dans le sens des strates, et se divise en petits fragmens quadrangulaires; dans la cassure en travers, elle présente de larges bandes, des espèces de rubans entièrement unis et très-brillans. Cette disposition tient à la superposition des petites couches, dont la nature est un peu différente; cette houille est très-collante, gonfle au feu et donne un coke léger, argentin, mais très-solide.

Si l'on compare la composition des différentes houilles que nous venons d'étudier, on reconnaît bientôt que

1°. Les houilles employées, à l'état cru, dans les fourneaux marchant à l'air froid, sont sèches, très-carbonées, et constituent de véritables anthracites;

2°. Les houilles, comme celles d'Écosse et du Derbyshire qui, quoique bitumineuses, servent à l'état cru, à la fusion des minerais de fer dans les hauts-fourneaux soufflés à l'air chaud, sont cependant encore des houilles sèches.

3°. Enfin, les houilles grasses, bitumineuses, collantes, qui changent de volume et se gonflent par l'action du feu, paraissent jusqu'à présent devoir être transformées en coke, pour donner des résultats avantageux dans le travail du fer.

Qualité de la fonte et du fer obtenus dans les usines qui marchent à l'air chaud.

Les fontes de moulage d'Ecosse fabriquée à l'air chaud, ont une valeur commerciale moins grande

que les fontes du Staffordshire. Les premières étaient cotées, au mois de juillet dernier, sur le marché de Liverpool, 4 livr. 15 schel. (119 fr. 70) la tonne de 2.240 livres; tandis que les fontes du Staffordshire se vendaient, à cette époque, 6 livr. st. (151 fr. 20).

Cette différence considérable entre le prix de ces fontes, joint au préjugé assez généralement répandu, que la fonte obtenue à l'air chaud est impropre à la fabrication du fer, jettent encore, dans beaucoup d'esprits, des doutes sur l'avantage du nouveau procédé. Les nombreuses observations que j'ai faites tendent au contraire à prouver que, pour la fonte du moins, les produits des fourneaux marchant à l'air chaud, sont supérieurs à ce qu'ils étaient à l'air froid. La valeur moindre de la fonte d'Ecosse ne me paraît pas contraire à cette opinion. En effet, la fonte du Staffordshire a toujours été regardée comme la plus propre au moulage, et elle a toujours été d'un prix plus élevé que la fonte de la plupart des autres parties de la Grande-Bretagne; peut-être aussi la différence assez grande, qui existe entre les fontes d'Ecosse et du Staffordshire, tient-elle à des circonstances commerciales; ainsi l'Ecosse fabrique maintenant à meilleur marché que le Staffordshire, et sa fabrication étant augmentée de près d'un tiers par le seul emploi de l'air chaud, les maîtres de forges de ce royaume ont-ils pensé nécessaire à leurs intérêts de faire sur leurs fontes une baisse qu'ils peuvent supporter sans dommages.

Il serait à désirer que cette question si importante pût être décidée par des expériences directes; à leur défaut je vais rapporter les usages de ces différens produits, dans les arts, usages

Fonte de moulage à l'air chaud.

qui sont peut-être aussi concluans que des expériences.

Dans les usines des environs de Glasgow ou ne fait que du moulage j'ai vu employer la fonte qu'elles produisent à la fabrication d'objets qui exigent à la fois une grande résistance et une grande ductilité : savoir, au moulage, de *cylindres de machines à vapeur*, de *bouilleurs*, de *conduits pour le gaz*, et de différens *engrenages*, etc.

A Birtly près de Newcastle, à Butterley près de Derby, j'ai vu également couler des *cylindres de machines à vapeur*, des *tuyaux pour pompes élévatoires*, et des *fermes pour ponts en fer*.

Je rappellerai que le fourneau de Torteron qui dépend de l'usine de Fourchambault dans la Nièvre donne, depuis qu'il est soufflé à l'air chaud, de la fonte grise qui se vend en concurrence avec les fontes anglaises.

Le fer fabriqué avec la fonte des fourneaux soufflés à l'air chaud, est aussi de très-bonne qualité.

Fonte pour fer à l'air chaud.

A Codnor-Park près de Derby, ce fer est employé à la construction des *différentes pièces de machines à vapeur*, à la fabrication de *chaînes pour ponts suspendus*, de *tirans* et de *traverses* pour *ponts en fer*, etc.

Le fer produit à l'usine de la Tyne près de Newcastle, est transformé en tôle forte pour la fabrication de *chaudières* de machines à vapeur, de *gazomètres*, *etc*.

A Wenesbury, le fer est aussi de bonne qualité, et sert aux usages qui exigent le plus de résistance.

Ces différens exemples prouvent qu'au moyen

du procédé à l'air chaud, on peut, comme à l'air froid, obtenir des fontes de qualité supérieure pour le moulage, et des fontes propres à la fabrication du fer. Mais il ne faut pas en conclure que, par ce moyen, no puisse corriger les défauts qui résultent de la nature du minerai, ou de celui du charbon.

Causes probables de l'augmentation de chaleur due à l'emploi de l'air chaud.

J'ai fait remarquer plusieurs fois, dans le cours de ce rapport, que la température des fourneaux marchant à l'air chaud paraissait supérieure à la température des fourneaux alimentés par un courant d'air froid; tous les signes que l'on consulte ordinairement pour se guider dans le travail des hauts-fourneaux, se réunissent pour prouver cette assertion; ainsi, il ne s'attache plus de scories au-dessus des tuyères; la couleur du feu, dans cette partie du fourneau, est d'un rouge blanc que la vue a peine à supporter; les scories, plus liquides, coulent avec facilité; la fonte plus chaude peut être moulée directement en objets délicats; la quantité de minerai mis à chaque charge est augmentée dans une grande proportion, tandis que la quantité de castine est moins grande. Cette diminution, dans la proportion de fondant, est à elle seule la plus forte preuve qu'on puisse donner de l'augmentation de température du fourneau; elle nous indique en effet que les matières terreuses éprouvent une chaleur assez grande pour entrer en fusion avec une faible addition de flux. Il est probable que c'est également à cet excès de température que l'on doit attribuer la faculté d'employer à l'état cru certains charbons, qu'il

Signes qui indiquent une augmentation de température.

paraît indispensable de transformer en coke lorsque la température de l'air est peu élevée. Malgré ces preuves certaines de l'augmentation de chaleur produite par l'introduction de l'air chaud dans les hauts-fourneaux, nous ne pouvons cependant démontrer son existence d'une manière positive; mais il me semble qu'on peut, jusqu'à un certain point, rendre raison de ce phénomène, en comparant ce qui se passe dans les hauts-fourneaux par l'arrivée constante de l'air, à ce qui a lieu lorsqu'on mélange deux liquides de températures différentes, on sait que le mélange prend une température moyenne. La comparaison que j'établis me paraît juste, quoique les hauts-fourneaux soient dans des circonstances très-différentes de liquides, ayant une température donnée, parce que la chaleur se reproduit sans cesse par la combinaison du carbone et de l'oxigène. En admettant cette cause d'augmentation de chaleur, on supposera peut-être qu'elle est bien légère, attendu la grande différence qui existe entre la température d'un haut-fourneau et celle de l'air qui en alimente la combustion. Différence que nous n'avons aucun moyen exact d'apprécier (1). J'indiquerai quelques lignes plus bas, que cette cause n'est pas aussi faible qu'on peut le penser. Mais il est, je crois, une autre cause beaucoup plus puissante, et qu'il est impossible d'évaluer; elle résulte de combinaisons qui ne pouvaient pas se produire à la température ordinaire des hauts-fourneaux, et qui se développent par l'augmen-

Causes d'augmentation de chaleur.

(1) Plusieurs chimistes, et notamment M. Dumas, admettent que la tempéralure d'un haut-fourneau correspond environ à 1.500° cent.

tation de chaleur due à la substitution de l'air chaud à l'air froid. Nous voyons constamment, dans nos laboratoires, des exemples de ce phénomène; des substances, qui ne sont attaquées qu'avec beaucoup de peine et de lenteur dans un acide à la température de l'atmosphère, se dissolvent avec facilité quand on chauffe légèrement la liqueur, et la combinaison qui se forme devient souvent elle-même une source puissante de chaleur. Le travail des hauts-fourneaux nous présente peut-être une circonstance semblable : le bitume et certains gaz qui ne pouvaient brûler à la température des fourneaux à l'air froid entrent en ignition, par la faible augmentation de chaleur produite par l'introduction de l'air chaud; cette combustion développe peut-être à son tour cette haute température que nous observons dans les fourneaux alimentés par l'air chaud; le peu de fumée qui sort du gueulard de ces fourneaux, lors même qu'on y brûle de la houille crue, ainsi que la couleur de la flamme, nous autorisent à croire que le bitume, le gaz hydrogène, l'acide carbonique, etc., sont en grande partie brûlés. Cette supposition répond naturellement à l'objection qu'on pourrait faire que, même en admettant une certaine augmentation de température par l'introduction de l'air chaud dans le fourneau, il n'en résulterait pas nécessairement une diminution dans la consommation de combustible, puisque le charbon brûlé, en moins, dans le fourneau devrait être brûlé, en plus, dans l'appareil destiné à chauffer l'air.

Nous avons annoncé que la quantité d'air lancée dans le fourneau, pouvait, à cause de sa masse considérable, avoir une puissance réfrigérante

assez forte; cette masse s'élevait dans les usines d'Ecosse, avant l'adoption du procédé à l'air chaud, à 2.800 pieds cubes par minute, ou en poids (1) à 124kil.,779.

La quantité d'air lancée dans le fourneau par jour, s'élève donc à la somme de 179681kil.,76, ou environ 180 tonnes.

La somme du charbon, du minerai et de la castine, ne dépasse pas 44 tonnes : le poids d'air lancé dans un fourneau est donc quadruple de celui des matières solides qui y sont jetées. On conçoit alors qu'une masse d'air aussi considérable, dont un cinquième seulement sert à la combustion, injectée dans le fourneau à 10°, température moyenne de l'atmosphère doit produire un refroidissement beaucoup plus grand que lorsqu'elle possède une température de 322° centig. Une circonstance qui tend encore à diminuer d'une manière notable la puissance réfrigérante de l'air, d'après le nouveau procédé, c'est que la quantité d'air actuellement employée est beaucoup moindre. Dans les hauts-fourneaux de l'Ecosse, que nous avons pris pour exemple, elle est réduite de 2.800 pieds cubes à 2.100 par minute (en poids de 180 tonnes à 134 tonnes) c'est-à-dire d'un quart.

On peut calculer l'influence de l'introduction de l'air sur la chaleur développée à chaque instant par la combustion du charbon (2); mais

---

(1) 1 mètre cube d'air = 1kil.,3.

(2) La chaleur spécifique de l'eau étant représentée par 1,0000, celle de l'air atmosphérique est égale à 0,2669; d'où il résulte qu'un gramme d'air à 322° cent., température à laquelle l'air chaud est lancé dans les hauts-four-

il me paraît impossible d'apprécier l'augmentation qui résulte des combinaisons nouvelles auxquelles donne lieu la combustion du bitume et des gaz carbonés, attendu que nous ne pouvons, dans l'état actuel de la science, évaluer la température de l'intérieur d'un fourneau. Le peu de mots qui précèdent, quoique ne donnant aucune idée du degré réel de l'influence de l'air chaud, me paraissent, du moins, établir qu'elle doit être assez considérable.

Résumé. Les détails dans lesquels je suis entré sur la plupart des usines qui marchent à l'air chaud, empêcheront peut-être de saisir les circonstances principales de ce procédé; je crois donc utile de les rappeler brièvement.

I. Dans toutes les usines, à l'exception d'un exemple ou deux, il est résulté de l'emploi de l'air chaud une amélioration dans les produits, une économie dans la consommation de combustible et de castine, ainsi que dans la dépense de main-d'œuvre et de frais généraux.

II. Ces avantages ont suivi la même progression que la température à laquelle on a chauffé l'air.

III. La production de fonte a généralement éprouvé une augmentation considérable.

---

neaux de la Clyde, élèverait 0gr.,733 d'eau à 100°, en supposant l'air ramené à 10°; et comme la quantité d'air introduite à chaque minute dans le fourneau est de 124.779gr., la chaleur qui résulte de cette masse est représentée par 91.463gr. d'eau élevée à 100°.

On charge actuellement dans le fourneau de la Clyde 16.400 kilogr. de charbon par 24 heures, ou 23k.,90 par minute, quantité qui, après la défalcation des cendres, de

IV. La quantité de combustible brûlé dans les hauts-fourneaux paraît être à peu près la même, lorsqu'ils sont alimentés par de l'air chaud ou de l'air froid. On consommait par jour, à la Clyde, 18 tonnes de coke pour obtenir 6 tonnes de fonte; et maintenant on brûle 18 tonnes de houille pour produire 9 tonnes de fonte.

V. La fonte produite dans les fourneaux qui marchent à l'air chaud, est généralement grise et propre au moulage; néanmoins, ce procédé est employé avec avantage dans les usines, dont la fonte est toute ou en partie transformée en fer en barres (Codnor-Park, Tyne-Works, Wenesbury-Works, etc.); il est seulement nécessaire d'apporter des modifications dans les proportions de minerai et de charbon.

VI. Dans plusieurs usines, la combustion exige beaucoup moins d'air chaud qu'elle ne réclamait d'air froid; à la Clyde, par exemple, la même machine soufflante, qui desservait trois hauts-fourneaux avec difficulté, en souffle maintenant quatre. L'économie de force motrice n'est pas proportionnelle à la diminution de la quantité de vent, parce qu'il faut une certaine puissance pour vaincre le frottement de l'air dans l'appareil, et la résistance qui résulte de sa dilatation. On

---

l'eau et des gaz qui s'échappent sans être brûlés, s'élève au *maximum* à 20k.,30; la combustion complète de cette quantité de charbon élèverait par minute 1.465 kilogr. d'eau de 0° à 100°. L'augmentation de chaleur qui résulterait de la température de l'air à 322°, relativement à celle produite par la combustion du charbon, serait comme 92 : 1465, c'est-à-dire un seizième; ce rapport est un *minimum*, la quantité d'oxigène n'étant pas suffisante pour transformer tout le carbone en acide carbonique.

remédie ordinairement à ce dernier inconvénient, en augmentant l'orifice des buses; leur diamètre a été généralement porté de deux pouces et demi à trois pouces. L'augmentation des buses a, en outre, pour but de diminuer la vitesse du courant d'air qu'on introduit dans les fourneaux.

VII. Lorsqu'il ne résulte pas de l'emploi de l'air chaud, une diminution dans la quantité du vent (à Torteron), il est nécessaire d'augmenter la puissance des machines qui mettent en mouvement la soufflerie.

Relativement aux appareils.

VIII. Les appareils formés par la réunion d'un tuyau d'un grand diamètre qui reçoit l'air, et de petits tuyaux dans lesquels il s'échauffe et se dilate, me paraissent devoir être préférés aux appareils composés d'une série de tuyaux d'un grand diamètre; ils exigent peu de place, sont moins coûteux à établir, et consomment moins de combustible que ces derniers; en outre, la température n'est pas uniforme dans toutes les parties de ces appareils, et il se forme, presque toujours, un courant d'air moins chaud au centre des tuyaux.

IX. Pour diminuer autant que possible la vitesse de l'air soumis à l'action de la chaleur, et pour éviter la résistance due à sa dilatation, il est nécessaire que la surface des petits tuyaux soit plus grande que celle du gros tuyau qui reçoit l'air de la machine soufflante.

X. La capacité intérieure de ces petits tuyaux doit être plus grande que le volume de l'air injecté constamment dans le fourneau; l'air reste, par cette disposition, un certain temps dans l'appareil, et y acquiert une température élevée.

XI. Par suite de cette dernière condition, les appareils placés au-dessus du gueulard paraissent peu avantageux pour les hauts-fourneaux à la houille; on ne peut leur donner des dimensions telles que l'air y séjourne quelque temps; pour remédier à cet inconvénient, on est obligé de faire passer de nouveau l'air à travers des chauffoirs placés près des tuyères.

Relativement aux charbons.

XII. Les houilles très-riches en coke, qui sont sèches et anthraciteuses, peuvent être employées à l'état cru dans les hauts-fourneaux marchant même à l'air froid.

XIII. Les houilles qui contiennent une assez grande proportion de matières volatiles (30 à 35 p. 100), mais néanmoins qui sont peu collantes, et ne changent pas de forme par la combustion, peuvent également servir, sans être carbonisées, au travail des hauts-fourneaux, lorsque l'air est chauffé au-dessus de 300° cent.

XIV. Il paraît enfin que, pour les houilles grasses et bitumineuses, comme celles de Newcastle, propres à la fusion des minerais de fer, il est nécessaire, même avec le procédé de l'air chaud, de les transformer en coke.

RAPPORT

Sur l'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux au charbon de bois (1);

PAR M. É. GUEYMARD, ingénieur en chef des Mines.

(Extrait.)

Le fourneau de Rioupéroux (Isère), dans lequel ont été faits les essais à l'air chaud, a pour machine soufflante des trompes dont la distance à la tuyère se trouvait insuffisante pour construire l'appareil de chauffage nécessaire à l'élévation de la température de l'air qu'elles fournissent; on fut obligé de faire décrire un demi-cercle au tuyau de conduite. Six fours ou foyers furent établis avec une cheminée de tirage de 54 pieds et demi d'élévation, placée contre le massif du fourneau. Ces fours, où l'on brûle de l'anthracite, ne chauffent que 10 pieds de longueur de tuyau, dont le diamètre est de 8 pouces; dans la partie qui traverse le foyer, ce tuyau est enveloppé d'une couche d'argile de 1 pouce d'épaisseur, et en outre d'un demi-manchon en fonte, qui reçoit l'action immédiate du feu. Cinq mois de travail ont prouvé l'efficacité de cette disposition : les frais d'établissement de l'appareil de chauffage se sont élevés, y compris une tuyère à eau et ses accessoires, à la somme de 5.009 fr.

On a placé sur le tuyau à air, et auprès de la

(1) Adressé le 23 août 1833, à M. le directeur général des mines.

tuyère du fourneau, un manomètre et un thermomètre. La consommation d'un four a été fixée à 150 kilogr. d'anthracite par 24 heures.

Les essais ont commencé le 3 avril : on a allumé successivement les fours, et le 15 mai, cinq d'entre eux étant en feu, l'air fut échauffé à 125° et même à 130° R.

Avant l'introduction de l'air chaud, la charge du fourneau se composait de 65 kilogr. de charbon de bois tendre, avec 77 litres de minerais.

Au fur et à mesure qu'on a introduit de l'air chauffé à des températures de plus en plus élevées, on a pu charger sur ce même poids de charbon des quantités croissantes de minerais, comme 82, 87, 92, 97, 102, et enfin 105 litres; mais on n'a pu dépasser cette dernière quantité. On observa seulement qu'à ce *maximum* de charge les laitiers étaient plus liquides, la fonte plus belle et de meilleure qualité qu'auparavant.

La consommation des cinq foyers était de 750 kilogr. d'anthracite en 24 heures.

Lorsqu'on fondait avec de l'air froid, la buse avait 18 lignes de diamètre, et la pression du vent était de 24 pouces d'eau.

Lors de l'introduction de l'air chaud, le diamètre de la buse fut porté à 20 lignes, et la pression réduite à 20 pouces. Le nombre des charges était de 40 en 24 heures dans le premier cas, mais, dans le second, on ne put dépasser 34 ou 35 : plus tard, après avoir rétabli la pression à 24 pouces, on put atteindre le nombre de 40 charges.

La tuyère brûlait trois ou quatre fois en douze heures; on remédia à cet inconvénient en se ser-

vant d'une tuyère à eau, et la marche du fourneau devint alors parfaitement régulière.

Le sixième foyer ayant été allumé, la température de l'air fut maintenue à 130° R., et s'éleva quelquefois au-dessus; mais l'allure du fourneau n'éprouva aucun changement, et on ne put charger plus de 105 litres de minerais sur les 65 kilogr. de charbon.

On a fait varier les dimensions de la buse et la pression du vent, et les résultats sont toujours demeurés inférieurs à ceux indiqués; de sorte que le *maximum* d'effet produit avec le mélange de minerais employé, a lieu pour une pression de 24 pouces, un diamètre de buse de 20 lignes, une température de l'air projeté de 130° R., et une charge en minerais de 105 litres sur 65 kil. de charbon.

Un mélange de minerais plus réfractaire que le précédent, et que l'on ne pouvait pas fondre à l'air froid, a passé avec beaucoup de facilité; toutefois la charge ne put excéder 100 litres. On doit remarquer que la température de l'air projeté, qui parut devoir être limitée à 130° R., était bien inférieure à celle du plomb fondant à laquelle on l'avait portée, dans les essais faits à Vienne, dans le fourneau à coke. (*Pag.* 91).

L'économie faite sur le combustible, par l'emploi de l'air chaud, au fourneau de Rioupéroux, peut être évaluée ainsi qu'il suit, d'après les résultats de la fonte faite pendant le mois de juin, troisième mois d'expériences, résultats sensiblement les mêmes que ceux des mois de juillet et août.

On a obtenu, dans ce mois de juin, 57.989 kil.

de fonte à acier, pour lesquels on a consommé :

Minerais	110.400 litres.
Charbon	1.104 charges.

Pour obtenir la même quantité de fonte en fondant avec de l'air froid, il aurait fallu brûler 1.434 charges de ce même charbon.

L'économie a donc été de 330 charges, dont la valeur (à 5fr. la charge) est de	1.650fr.,00
Plus de 8 journées des ouvriers, à 19fr.,36.	154fr.,88
En tout.	1.804fr.,88

Les dépenses se composent de :

Journées d'un ouvrier pour chauffer l'appareil	45 ,00
21,500 kil. d'anthracite.	516, 00
Intérêts (à 10 pour cent) des frais d'établissement de l'appareil. .	41, 10
Total. . . .	602fr.,10

Le bénéfice résultant de l'emploi de l'air chaud a donc été de 1.202fr.,78 par mois, ou de 20fr.,72 par 1.000 kil. de fonte produite : c'est un *minimum*, puisqu'on n'a pas fait mention des frais généraux, et qu'en outre on a souvent fondu des mélanges réfractaires pendant le mois de juin.

On remarquera que l'épargne de 21.450 kil. de charbon faite dans les fontes, a nécessité la consommation de 21.500 kil. (un poids égal) d'anthracite, dont la valeur est beaucoup moindre que celle du charbon.

I. M. l'ingénieur en chef Gueymard, qui a mis tant de zèle et d'activité à propager l'emploi de l'air chaud, et à faire jouir les propriétaires des hauts-fourneaux du département de l'Isère, des avantages que présente ce procédé, fait observer avec raison que, si l'on ne parvenait pas à chauffer l'air avec la flamme qui sort du gueulard des fourneaux à charbon de bois, ceux d'entre eux qui, faute de pouvoir se procurer du combustible à bon marché pour les fours à chauffer, continueraient de travailler à l'air froid, se trouveraient dans une position extrêmement défavorable, et peut-être menacés d'une ruine prochaine.

Heureusement les essais faits en Allemagne (*pag.* 77), et les appareils qu'on y a établis et qu'on a déjà imités en France, ont montré que la flamme et la chaleur qui s'échappent des hauts-fourneaux suffisent pleinement pour chauffer, à un degré convenable, tout l'air dont ils ont besoin. Il convient donc dès ce moment, du moins pour les fourneaux au charbon de bois, d'abandonner le mode de chauffage de l'air dans les foyers séparés, pour n'employer qu'une chaleur qui ne coûtera rien, et augmenter le profit des fontes à l'air chaud, de toute la valeur du combustible consommé dans ces foyers.

Ainsi à Rioupéroux, l'économie qui a été jusqu'ici de 1.202fr.,10 sera portée, par la suppression des fours de chauffage, à 1.763fr.,78 par mois, ou à 30 fr. par 1.000 kilogrammes de fonte produite, au lieu de 20 fr.

II. La disposition qui jusqu'ici paraît avoir présenté le plus d'avantage relativement à la manière de chauffer l'air par la flamme du gueulard des fournaux, est la suivante, qui diffère un peu de celle employée à *Wasseralfingen,* et décrite par M. Voltz (*Pl.II, pag.* 79.) On fait passer tout l'air dont on a besoin à la fois, et disséminé dans vingt petites colonnes ou par vingt tuyaux verticaux de 4 pieds de longueur et 2 pouces et demi de diamètre, qui sont placés dans un espace ou four près du gueulard. Par ce moyen, on chauffe l'air plus fortement, et il y a moins de frottemens qu'en se servant d'une grande longueur de tuyaux horizontaux, parce que l'air passe plus lentement et n'a que 4 pieds à parcourir. La diminution de la résistance à vaincre par le moteur de la machine soufflante, est considérable et fort importante, parce que, le plus souvent,

les cours d'eau sont à peine suffisans pendant l'été pour fournir la quantité d'air nécessaire à la consommation des fourneaux à fer.

III. La température de l'air projeté dans le fourneau de *Wasseralfingen*, a été portée constamment à 165° R. (*pag*. 85), et souvent jusqu'à 210°, sans qu'on ait reconnu de limites à l'effet produit par l'élévation de la température. M. Gueymard a observé, de son côté, que la production de la fonte n'était pas augmentée par une température de l'air au-dessus de 130° R.

A *Wasseralfingen*, avec de l'air chauffé à une température variable de 165 à 210° R., pour produire 1.000 kil. de fonte, on a brûlé 1.130 kil. de charbon, au lieu de 1.740 kil. que l'on brûlait avec de l'air froid; la production par semaine a été portée de 527 quint. du pays, à 734 quint. = 357 quint. métriques.

A Rioupéroux, avec de l'air chauffé à 130° R., on a consommé, pour 100 kil. de fonte, 1.270 kil. de charbon de bois tendre, au lieu de 1.610.

Les différences entre les résultats obtenus dans ces fourneaux, ne sont pas considérables. On remarquera que, dans l'un comme dans l'autre, la quantité de charbon consommée en vingt-quatre heures n'a pas augmenté; mais qu'elle a porté beaucoup plus de minerai avec l'air chaud, et que le produit journalier en fonte, ou celui rapporté au millier de kilogr. de charbon consommé, ont reçu, par l'emploi de l'air chaud, un accroissement très-notable.

A. G.

PUITS ARTÉSIENS.

Notice sur quelques phénomènes qui ont accompagné le percement de puits artésiens dans le département des Pyrénées-Orientales, *et aux environs de* Conegliano (*royaume lombardo-vénitien*).

Par M. HÉRICART DE THURY, ingénieur en chef des mines.

Puits artésiens des Pyrénées-Orientales.

Après m'avoir consulté sur la possibilité de percer avec succès des puits artésiens dans le département des Pyrénées-Orientales, la société d'agriculture de ce département, d'après ma réponse favorable, et sur la proposition de M. *Jaubert de Passa*, se décida à faire l'acquisition d'une sonde de fontainier-mineur.

Sondage entre Thuir et Perpignan.

Un premier sondage percé, entre Thuir et Perpignan, à 42 mètres de profondeur, en vingt-six jours, fit surgir avec impétuosité une source jaillissante, abondante, et d'excellente qualité, qui prit son niveau à $0^m,50$ au-dessus de la surface du sol : la dépense totale ne s'était élevée qu'à 600 francs.

A Perpignan.

Stimulée par ce premier succès, la ville de Perpignan se décida à faire un puits foré sur la place Royale; malheureusement l'opération fut mal dirigée, et le puits fut manqué par la faute des ouvriers.

Au bord de la Méditerranée.

On entreprit, sans plus de succès, de percer un autre puits sur la rive droite du Tech, au bord de la mer, dans un fond de tuf et de sable

marin, c'est-à-dire, dans le lit même de la Méditerranée; ce percement fut abandonné à 90 mètres de profondeur.

Au bassin de Bages.

Plus éclairé sur les probabilités du succès des puits forés, M. *Durand*, député du département des Pyrénées-Orientales, se détermina à faire un essai dans son domaine du *bassin de Bages*. Aidé d'un ouvrier intelligent, M. Durand fils a lui-même dirigé le sondage, et à $25^m,90$, une source d'eau pure a jailli à $0^m,60$ au-dessus du sol, fournissant 60 hectolitres d'eau par vingt-quatre heures.

Source de 60 hectolitres.

Ce premier succès était déjà beaucoup dans une contrée entièrement privée d'eau, et surtout dans un village qui, tout récemment, venait de dépenser une somme de 20.000 francs, pour avoir une fontaine *à sec*; néanmoins, M. *Durand*, pensant qu'il était possible d'obtenir un plus grand résultat, se décida à faire une seconde tentative.

Un nouveau puits fut donc percé à $1^m,50$ de distance du premier : arrivée à la profondeur de $48^m,50$, la sonde s'enfonça tout d'un coup de $1^m,60$; elle serait peut-être même descendue davantage si elle n'avait été arrêtée par le levier supérieur. Au même instant, derrière la sonde, jaillit tout à coup, avec une extrême impétuosité, une source d'eau parfaitement pure, excellente, et de la plus grande limpidité, fournissant, en vingt-quatre heures, l'énorme quantité de 2.880 mètres cubes d'eau, ou de 28.800 hectolitres, c'est-à-dire, 480 fois plus que le premier trou de sonde.

Source de 28.800 hectol.

Cet admirable résultat a été obtenu par cinq ouvriers qui ont travaillé pendant vingt-trois jours, avec le secours d'une sonde. Les frais de journée se sont élevés à 263 francs : en y ajoutant le loyer de la sonde et quelques

frais de réparation, la dépense totale de cette belle et importante opération ne s'élève pas encore à la somme de 400 francs.

Ce sondage a été entrepris sur le plateau tertiaire *de Bagnols des Aspres*, entre le Tech, la Tet, le Canigou et la mer. Les couches de l'argile noire, inférieures au terrain tertiaire, se présentent à la surface du sol, en un grand nombre de points de ce plateau. Ce dernier terrain, composé de sable marin et de tuf calcaire renferme, à *Bagnols des Aspres*, des *pétoncles*, des *panopées*, des *turritelles*, etc. **Terrains traversés.**

Les terrains traversés sont :

1°. La terre végétale. 0m,65

2°. Couche sableuse d'un ancien lit d'étang. 2m,60

3°. Une argile jaunâtre, renfermant des rognons marneux 21m,50

4°. L'argile noirâtre compacte. 0m,65

5°. Sable siliceux. 0m,50

A la profondeur de 25m,90, on a rencontré la source qui avait jailli dans le premier puits.

6°. Argile grise foncée ou jaunâtre, mêlée d'un grand nombre de petites couches de rognons de marne blanche. . . . 9m,75

7°. Sable siliceux très-sec 1m,60

8°. Argile noire, onctueuse, résistant à la sonde, et divisée en petites couches. . 9m,75

9°. Argile noire, dans laquelle la sonde est descendue de 1m,60, et *source jaillissante* donnant 2.880 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures. 1m,60

Profondeur totale. 48m,60

Dans l'état actuel, l'eau s'élève avec impétuosité à $1^m,60$ au-dessus du sol. Avec un tuyau de zinc de $0^m,12$ de diamètre, elle s'élève à plus de quatre mètres de hauteur, en formant un beau champignon de 35 mètres, et d'après la force d'ascension, il y a tout lieu de croire qu'elle s'élèverait à plus de 15 mètres de hauteur.

Le département des Pyrénées-Orientales est dans l'enthousiasme de cet admirable résultat, qui fournit de l'eau d'excellente qualité, à toute une commune, et qui lui assure, pour l'avenir, des moyens d'irrigation, à l'abri des sécheresses qui désolent annuellement ce beau pays. La source jaillissante reçoit journellement de nombreux visiteurs; beaucoup d'entre eux rêvent un succès pareil sur leurs propriétés. Tout le monde est converti aux puits artésiens, de tous côtés on réclame la sonde, parce qu'on se croit sur une mer bienfaisante qui ne demande que des issues pour enrichir le sol le plus aride.

De cet élan si inattendu, il résultera certainement quelques échecs, parce qu'on voudra sonder partout sans examiner, sans savoir préalablement s'il y a des chances de succès, le découragement succédera souvent à une extrême confiance; mais les ouvriers se formeront; ils apprendront à connaître les terrains, ils sauront apprécier les chances ou les degrés de probabilité des succès, et dans quelques années, nous n'en doutons point, les belles vallées des Pyrénées-Orientales seront fertilisées par de nombreuses fontaines jaillissantes.

Puits artésien de Gajarine.

Le percement d'un puits foré à Gajarine, près de Conegliano, dans le royaume Lombardo-vénitien, vient de présenter plusieurs faits curieux que je crois utile de faire connaître.

Les travaux, dirigés par M. le comte *di Porcia*, ont été commencés dans les premiers jours de mars 1833, et n'ont d'abord présenté aucune particularité : on a rencontré successivement les couches suivantes :

Terrains traversés.

1°. Terre végétale, sable et graviers, 1^m,58.

2°. Masse d'argile en plusieurs bancs séparés par des couches de sable argileux, 5^m,06.

3°. Bancs de sable et de graviers séparés par des petites couches d'argile, 13^m,50.

4°. Banc de galets et de graviers serrés et agglutinés par un ciment siliceux très-dur. Ce banc, très-difficile à percer, avait pour épaisseur, 0^m,31.

5°. Au-dessous, la sonde entra dans une couche de sable argileux de 1^m,82.

6°. A cette profondeur de 22^m,27, les tuyaux en fonte de fer que l'on introduisait dans le trou de sonde, s'étant écrasés sous l'action du mouton, M. *di Porcia*, manquant de tuyaux convenables, se décida à poursuivre son percement sans le tuber, sauf à enfoncer des tubes plus tard. La sonde perça ainsi 5^m,73 d'une grande masse d'argile veinée de différentes couches de sable argileux.

7°. On continua 10 mètres de forage dans un terrain argileux alternant avec des couches de sable glaiseux et de graviers.

8°. Le 23 mai, on était à la profondeur de 38 mètres; ce jour-là, au coucher du soleil, en remontant la sonde, lorsqu'elle fut à la hauteur de

23 mètres environ, conséquemment au-dessus de la grande masse d'argile, on entendit dans les tuyaux un bruit extraordinaire, très-violent, et au même moment, il surgit à la surface de la terre, un jet impétueux d'une boue sableuse et liquide. Ce jet fut accompagné d'une odeur sulfureuse très-fétide; il dura quelques minutes, après quoi l'eau reprit son niveau ordinaire à quelques mètres au-dessous du sol; le bruit continua encore à se faire entendre dans les tuyaux, mais en s'affaiblissant peu à peu.

dégagement d'hydrogène sulfuré.

9°. Dans la nuit, on continua le percement de la grande masse de glaise et toutes les fois qu'on remontait la sonde, ce même bruit se renouvelait, avec plus ou moins de force, lorsqu'elle arrivait à la hauteur de 23 mètres. Au point du jour on était à $41^m,25$ de profondeur. L'eau s'étant abaissée dans les tubes, M. le comte *di Porcia*, pour reconnaître la nature du vent qui sortait du puits, en formant un courant d'air très-vif, approcha une lumière de l'ouverture des tuyaux, aussitôt le gaz s'embrasa avec violence, en formant une flamme de plus de deux mètres de hauteur au-dessus du tube. Cette flamme brûla avec ardeur pendant quelques minutes, elle diminua peu à peu, puis elle s'éteignit et le bruit cessa de se faire entendre dans les tuyaux.

10°. Le même jour, vers les midi, un jet d'eau et de sable argileux ou plutôt de boue liquide, surgit tout d'un coup spontanément, avec une force extraordinaire à plus de 5 mètres de hauteur, au-dessus du terrain, puis le jet s'affaiblit successivement, et cessa même entièrement après quelques minutes. On sonda le puits, on reconnut qu'il était obstrué de terre, de sable et de gra-

viers, à cette profondeur de 23 à 24 mètres. On y descendit la sonde et on le désobstrua, mais avec beaucoup de difficulté; quand on fut assuré qu'il était libre dans toute sa hauteur, on y fit manœuvrer la sonde, et chaque fois qu'on la faisait remonter, elle déterminait le même phénomène du jet d'eau boueuse, avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, de la profondeur de 23 à 24 mètres.

11°. Enfin, le 27 mai au soir, M. *di Porcia* ayant fait descendre la sonde au fond de son puits, qui avait alors 46 mètres de profondeur, il s'éleva tout d'un coup, à plus de *dix mètres* de hauteur, lorsqu'on vint à la retirer, une flamme de deux mètres de largeur avec un jet de boue liquide.

« Le jet impétueux et enflammé de boue » liquide, offrait, dit M. le comte *di Porcia*, » un spectacle des plus extraordinaires et » réellement effrayant. Le cône de feu dura » quelque temps à la hauteur de dix mètres, » puis il diminua peu à peu, cependant il dura » encore plus de deux heures, en formant » au-dessus du tube, une flamme de plus de » deux mètres de hauteur, avec un éclat des plus » vifs et des plus brillants. »

Jet de gaz enflammé.

Observations. Le fait signalé par M. le comte *di Porcia* est d'un très-grand intérêt, mais il n'est pas nouveau pour nous; déjà plusieurs fois nous avons été à même de constater des dégagements semblables de gaz hydrogène sulfuré dans le forage de certains puits artésiens : j'en rapporterai ici quelques exemples.

Exemples divers de dégagement d'hydrogène sulfuré.

A Cormeille en Parisis, près d'Argenteuil, à la profondeur de 45 mètres, il s'est produit un dégagement très-violent de gaz hydrogène sul-

furé carboné dans les marnes grises ou noires, fétides et sulfurées que les plâtriers ont parfaitement désignées sous le nom de *foies de soufre*, et qui les forcent à faire des puits d'airage, pour exploiter les bancs de plâtre situés au-dessous; ces marnes fétides contiennent, outre le soufre, des parties végétales charbonnées, bien distinctes, et que je suis porté à attribuer à l'action qui a produit la grande masse de plâtre des environs de Paris. Outre le phénomène du dégagement du gaz hydrogène sulfuré, le puits de Cormeille a encore fait connaître, à 65 mètres de profondeur, un torrent souterrain coulant dans une chambre ou caverne, dans laquelle la sonde tomba subitement de quatre à cinq mètres de hauteur; à en juger par les oscillations qu'il communiquait à la sonde, le torrent se dirigeait du nord au sud. Il était tellement impétueux que toutes les tarières furent constamment ramenées vides et parfaitement lavées, sans jamais rapporter aucuns débris ni détritus du fond du puits, qu'on fut obligé d'abandonner.

Les puits forés autour de l'étang de Montmorency, pour y amener des sources destinées à en rafraîchir les eaux en été, ont presque tous donné des exemples de dégagements de gaz hydrogène plus ou moins abondans. Le terrain en est même tellement saturé, que les sources minérales d'Enghien et le ruisseau du Cocquenard, surchargés de gaz hydrogène sulfuré, déposent une grande quantité de soufre natif sur les pierres et sur tous les corps qui se trouvent dans le lit de ce ruisseau, appelé par les habitans du pays le *ruisseau puant*.

Les puits forés de Saint-Deuze, de Pierrefite, de Saint-Ouen, de Pantin ont tous, dans leur per-

tement, présenté le phénomène du dégagement de gaz hydrogène sulfuré, soit dans les marnes argilo-calcaires du terrain lacustre, soit dans les marnes brunes, noires et fétides de la partie inférieure de la masse de plâtre; dans plusieurs de ces puits, le dégagement du gaz s'est fait avec un bruit plus ou moins fort que les sondeurs ont désigné sous les noms de *ronflement* et de *hocquet*.

Il serait facile de multiplier les exemples de ces dégagemens de gaz qui ont lieu, en général, toutes les fois que la couche *aquifère* de sable ou de graviers est caverneuse ou chambrée; la fluctuation de l'eau, par le mouvement de la sonde y détermine l'échappement du gaz de ces chambres ou cavernes. Les sondeurs ne sauraient être trop en garde contre ces couches chambrées ou caverneuses, parce que c'est communément dans ces couches, que se perdent les eaux jaillissantes, lorsque les puits sont mal tubés; souvent c'est à l'impétuosité avec laquelle les eaux remontantes du fond, s'engoufrent dans les chambres ou les vides de ces couches, qu'est dû ce dégagement du gaz qui en occupait les parties supérieures.

Exemples de dégagement d'air atmosphérique.

Il ne faut pas croire que l'air qui s'échappe des puits forés soit toujours du gaz hydrogène; bien souvent ce n'est que de l'air atmosphérique entraîné dans des cavités par des courans d'eau souterrains. Les puits forés dans la grande masse de calcaire siliceux qui est à l'est et au sud-est de Paris, nous en offrent de nombreux exemples; le plus remarquable est celui du puits foré fait à Nangis, près de Melun : ce puits percé à plus de 60 mètres, dans le calcaire siliceux, sans aucune indication d'eaux jaillissantes, a présenté le phénomène d'un courant d'air des plus violens, et

qu'on ne pouvait comparer qu'à celui d'une grosse soufflerie de forge. Ce courant présentait en outre la propriété singulière de s'affaiblir, avec une sorte d'intermittence, à certaines heures de la journée.

Séparation de deux nappes jaillissantes dans un même puits foré.

Ces eaux, chargées d'hydrogène sulfuré, prouvent la nécessité de prendre un sondeur bien expérimenté, quand on veut faire un puits foré destiné au service d'une usine ou d'une fabrique qui exigent des eaux parfaitement pures. M. Mullot, ingénieur mécanicien à Épinay, près de Saint-Denis, après avoir fait plusieurs puits forés dans cette ville, a reconnu l'existence d'une grande nappe parfaitement pure, au-dessous de la nappe d'eau hydrogénée, et il est parvenu à les élever l'une et l'autre au jour, *simultanément* et cependant *séparément*, dans le même puits foré, de manière à employer, pour l'effet pittoresque d'une fontaine publique, l'eau hydrogénée; tandis que, pour le service des habitans, la nappe d'eau pure est élevée, dans un tuyau placé dans le premier, et descendu jusqu'à cette nappe, sans aucune communication avec la nappe supérieure.

Nécessité du tubage des puits.

Dans des circonstances telles que celles qui se sont présentées dans le forage du puits de M. le comte *di Porcia*, nous ne saurions trop appuyer sur la nécessité de tuber les puits avec le plus grand soin, soit pour empêcher le dégagement du gaz hydrogène, soit pour éviter l'ascension des jets de boue liquide, qui obstruent fréquemment les puits, soit enfin pour maintenir les eaux ascendantes, qui tendraient à se mêler aux eaux hydrogénées, ou à se perdre dans leur gisement souvent chambré ou caverneux.

DROIT ADMINISTRATIF.

CONCESSIONS DE MINES.

Les contestations qui s'élèvent entre des demandeurs en concession de mines, relativement à la propriété de la surface, ne font point obstacle à ce qu'il soit procédé à la concession du gîte minéral.—Le gouvernement, aux termes de l'art. 16 de la loi du 21 avril 1810, est juge des considérations d'après lesquelles la préférence doit être accordée à tel ou tel demandeur, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres.—L'acte de concession règle les droits du propriétaire du sol sur le produit de la mine concédée (art. 6 de la loi précitée), sauf aux tribunaux à décider ensuite les questions qui ont pu ou peuvent naître en ce qui concerne cette propriété du sol.

La concession de la mine de lignite dite de Peirui et de la Taurelle, département du Var, a été réclamée par MM. Roux, Cachard et compagnie, et concurremment par MM. Châteauneuf et Simien père.

Un débat s'est élevé entre ces deux compagnies pendant le cours de l'instruction, relativement à deux ventes sous-seing-privé que la compagnie Cachard prétendit lui avoir été faites par M. Simien père, les 9 novembre 1825 et 22 août 1827, des divers titres qu'il pouvait avoir à la concession en qualité de propriétaire du sol.

Ce débat ayant été porté devant les tribunaux, MM. Simien père et Châteauneuf y ont soutenu que ces traités des 19 novembre 1825 et 22 août 1827, devaient être déclarés nuls et sans valeur aucune.

Le tribunal de 1re. instance de Brignolle s'est déclaré incompétent pour prononcer, d'après ce motif qu'il appartenait à l'administration d'apprécier les actes produits devant elle, sous tous les rapports de la préférence qu'ils peuvent donner à tel ou tel demandeur pour l'obtention d'une concession.

Ce jugement a été confirmé par la cour royale d'Aix.

MM. Châteauneuf et Simien se sont alors adressés à l'autorité administrative pour qu'elle prononçât sur les actes dont ils avaient contesté la validité devant les tribunaux.

Le 10 septembre 1831, une décision du ministre du commerce et des travaux publics a ordonné qu'il serait passé outre à la concession.

MM. Châteauneuf et Simien se sont pourvus au contentieux contre cette décision. Ils ont demandé que l'administration, avant de statuer sur la concession, déclarât la nullité des deux traités des 19 novembre 1825 et 22 août 1827; subsidiairement, dans le cas où elle se croirait incompétente, ce qui, par suite de l'arrêt de la cour royale d'Aix, établirait un conflit négatif, qu'elle fît le renvoi devant qui de droit, en suspendant toute décision au fond, jusqu'à jugement définitif sur l'incident.

La compagnie Cachard est intervenue dans l'instance portée au conseil d'état, et a soutenu que la décision ministérielle devait être maintenue, qu'il y avait lieu de procéder à la concession des mines.

Cette décision n'était qu'un acte d'instruction administrative qui ne pouvait devenir l'objet d'un pourvoi au contentieux.

Quant à la demande en règlement de juges, elle n'était pas non plus de nature à être accueillie. En effet, la cour royale d'Aix s'était bornée à se déclarer incompétente sur la question dont l'appréciation appartient à l'autorité administrative; elle avait réservé tous les droits du propriétaire de la surface; le ministre s'étant abstenu, par la décision attaquée, de prononcer sur la question de propriété de ladite surface, il n'existait pas de conflit négatif et par conséquent il n'y avait pas lieu de procéder à un règlement de juges.

Par ces motifs, la requête de MM. Châteauneuf et Simien a été rejetée par une ordonnance royale en date du 24 mai 1833 (1). D C.

---

(1) Voir cette ordonnance ci après p. 568.

MACHINES A VAPEUR.

Les chaudières à basse pression, soit qu'elles brûlent, soit qu'elles ne brûlent pas leur fumée, sont rangées dans la troisième classe des ateliers insalubres, incommodes ou dangereux. — Les sous-préfets sont compétens pour en autoriser l'établissement.

Un arrêté du sous-préfet de St.-Etienne, du 30 mai 1831, accorde à MM. Fonthieure, Bonnaud et compagnie, négocians, l'autorisation de construire dans cette ville une machine à vapeur à basse pression, destinée à être alimentée par le coke.

Des propriétaires et des fabricans de rubans à Saint-Etienne, MM. Royet, Descours et consorts, ont réclamé contre cette permission.

L'affaire ayant été portée devant le conseil de préfecture du département, ce conseil a, le 15 juillet 1831, rejeté la réclamation.

M. Royet et ses co-intéressés se sont pourvus au conseil d'état. Ils attaquaient l'arrêté du sous-préfet et la décision du conseil de préfecture comme incompétamment rendus; ils prétendaient notamment que toutes les formalités prescrites pour l'établissement d'une machine à vapeur n'avaient pas été remplies, que ces sortes d'établissemens devaient être l'objet de deux systèmes réglementaires distincts, relatifs, l'un aux incommodités résultant du chauffage, l'autre aux dangers qui pourraient provenir d'un excès de tension de la vapeur; ils prétendaient aussi que la permission n'avait point imposé les conditions nécessaires pour garantir les propriétés voisines, et demandaient subsidiairement, sous ce rapport, la réformation de l'arrêté.

La machine à vapeur de MM. Fonthieure et compagnie est à basse pression, et elle doit être alimentée par le coke. Or, l'ordonnance du 14 janvier 1815 a compris, parmi les établissemens de troisième classe, les pompes à feu à basse pression brûlant leur fumée. La commission des machines à vapeur et le conseil général des mines ont fait remarquer, en examinant cette affaire, qu'aucun des appareils fumivores connus ne procurait la combustion complète de la fumée que dégagent ces sortes de machines, et que cette imperfection des procédés de

l'art avait même été signalée dans la nomenclature des établissemens insalubres ou incommodes, publiée par le ministre de l'intérieur. Les chaudières chauffées au coke, c'est-à-dire à l'aide d'un combustible qui d'avance a été privé des matières capables de produire la fumée, ne présentent pas les mêmes inconvéniens; elles offrent des garanties qu'on n'obtient qu'imparfaitement de celles qui, étant chauffées à la houille, sont construites pour brûler leur fumée. Par conséquent, les formalités prescrites par l'ordonnance précitée, pour l'établissement des chaudières de la première espèce, suffisent pour l'établissement des chaudières chauffées au coke, lorsque celles-ci sont également à basse pression. D'ailleurs, l'ordonnance du 25 mars 1830 a positivement décidé la question. Elle a rangé parmi les établissemens de troisième classe, toutes les chaudières à basse pression, soit qu'elles consument, soit qu'elles ne consument pas leur fumée.

Il ne pouvait donc y avoir aucune incertitude sur la classe dans laquelle devait être placée la machine à vapeur de MM. Fonthieure et compagnie; cette machine était bien de la troisième classe.

Il résultait de là, d'une part, qu'aux termes de l'article 3 de l'ordonnance du 14 janvier 1815, c'était effectivement au sous-préfet de St.-Etienne qu'il appartenait de faire instruire la demande et de délivrer la permission; d'autre part, que d'après l'article 8 du décret du 15 octobre 1810, les réclamations élevées contre la décision du sous-préfet devaient être jugées par le conseil de préfecture.

Les réclamans prétendaient que l'établissement de toute machine à vapeur devait être l'objet de deux systèmes réglementaires distincts; rien ne justifiait cette assertion. Le texte de l'article 1er. de l'ordonnance du 29 octobre 1823, prouve explicitement le contraire pour les machines à haute pression, et si l'ordonnance du 25 mars 1830 eût voulu établir pour les machines à basse pression un état de choses aussi peu rationnel, elle l'eût formellement prescrit. Elle ne l'a point fait.

En un mot, les ordonnances qui régissent la matière ne contiennent aucune disposition de ce genre, et dans l'exécution que ces ordonnances ont reçue jusqu'à présent, il a toujours suffi d'une seule instruction et d'une seule permission; nul motif n'existe pour abandonner

cette manière de procéder, qui est fondée sur la nature des choses, sur une jurisprudence constante, et sur une analogie incontestable avec ce qui se pratique à l'égard d'un certain nombre d'ateliers qui, tant à raison de l'incommodité que du danger, se trouvent également placés sous l'empire du décret du 15 octobre 1810 et de l'ordonnance du 14 janvier 1815.

Ainsi, dans cette affaire, l'instruction qui a eu lieu et les décisions qui ont été rendues, étaient parfaitement régulières. Le sous-préfet de St.-Etienne et le conseil de préfecture n'avaient fait qu'user du pouvoir que leur confèrent les décret et ordonnance précités, et les reproches d'irrégularité et d'incompétence élevés par MM. Royet et consorts étaient mal fondés de tous points.

Quant au second chef de leur requête, tendant à ce que la permission fût annulée, comme n'ayant point imposé les conditions nécessaires pour garantir les propriétés du voisinage, il a été reconnu que les dispositions renfermées dans l'arrêté du sous-préfet, concilient ce que MM. Fonthieure et compagnie avaient droit d'obtenir avec toutes les précautions qui pouvaient être justement réclamées par les fabricans de rubans, dans l'intérêt de leur importante industrie ; que si MM. Fonthieure n'observaient pas exactement les conditions qui leur sont imposées, les contraventions seraient facilement constatées ; que dans le cas où ils tenteraient notamment de substituer la houille au coke, on pourrait s'en apercevoir immédiatement, même à une grande distance, puisque la fumée s'élancerait d'une cheminée de cent pieds de hauteur. Ces contraventions pourraient donner lieu à la révocation de la permission, conformément à l'art. 7 de l'ordonnance du 29 octobre 1823, et à l'art. 6 de l'ordonnance du 25 mars 1830, rappelés dans l'arrêté de M. le sous-préfet du 30 mai 1831.

Par les motifs exposés ci-dessus, M. le ministre du commerce et des travaux publics, adoptant l'avis de l'administration des mines, a conclu au rejet des requêtes présentées contre l'arrêté du conseil de préfecture de la Loire.

Une ordonnance royale, du 11 juin 1833, a statué conformément à ces conclusions (1). D C.

---

(1). Voir ci-après cette ordonnance, p. 599.

ORDONNANCES DU ROI,

ET DÉCISIONS DIVERSES

Concernant les mines (1).

Ordonnance du roi, du 27 avril 1832, qui supprime, dans le corps royal des mines, le grade d'inspecteur divisionnaire, et porte à six le nombre des inspecteurs généraux.

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français, à tous présens et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département du commerce et des travaux publics,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Le grade d'inspecteur divisionnaire est supprimé dans le corps royal des mines. Les fonctions qui étaient attribuées à ce grade seront réunies à celles des inspecteurs généraux.

Art. 2. Le nombre des inspecteurs généraux est porté à six : il y en aura trois de première classe et trois de deuxième classe.

Le traitement des inspecteurs généraux de 1re. classe sera de 12,000 fr., et celui des inspecteurs généraux de 2e. classe de 8,000 fr. Les frais de bureau demeurent fixés à 1,500 fr., conformément au décret du 18 novembre 1810.

Les inspecteurs généraux de première et de deuxième classes sont nommés par nous.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

---

(1) Plusieurs ordonnances et décisions rendues en 1832, ayant été omises dans les Annales de 1832, on supplée à cette omission en les insérant ici.

Ordonnance du roi, du 8 juin 1832, qui apporte des modifications à l'organisation des services des ponts et chaussées et des mines.

(Extrait).

Louis-Philippe, etc.

Art. 1er. A l'avenir l'approbation des projets de travaux neufs et de grosses réparations, l'homologation des adjudications et des soumissions auxquelles ces projets auront donné lieu; la répartition des crédits législatifs, les mesures relatives au personnel des ingénieurs, seront arrêtées par le ministre du commerce et des travaux publics, sur le rapport du directeur général de l'administration.

Les nominations aux différens grades, à partir de celui d'ingénieur ordinaire de 2e. classe, continueront à être faites par nous, sur l'indication du directeur général de l'administration, et le rapport du ministre du commerce et des travaux publics.

Art. 2. Le directeur général de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines conservera la correspondance directe avec les préfets, les ingénieurs et toutes autres personnes ayant des rapports avec ladite administration.

Art. 9. Le conseil général des mines sera présidé par le ministre du commerce et des travaux publics; en l'absence du ministre, par le directeur général de l'administration; en l'absence de ce dernier, par un inspecteur général désigné par le ministre, sur la proposition du directeur général.

Il se composera des inspecteurs généraux de première et de seconde classes et d'un secrétaire, ingénieur en chef qui aura voix délibérative.

Ordonnance royale du 9 juin 1832.

Louis-Philippe, etc.

Art. 1er. Le sieur Legrand, conseiller d'état, est chargé provisoirement de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 2. Ses attributions seront celles qui ont été con-

férées au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, par les décrets, les ordonnances royales et les règlemens.

Art. 3. Notre ministre du commerce, etc.

---

18 mars 1832.

RÈGLEMENT

Pour les carrières souterraines de St.-Savinien, département de la Charente-Inférieure.

Le ministre du commerce et des travaux publics;

Vu le projet de règlement présenté par le préfet de la Charente-Inférieure, le 30 août 1830;

Les rapport et avis des ingénieurs des mines, des 20 mars et 18 juin 1830;

Les avis du conseil général des mines, des 11 février 1828, 2 et 6 janvier 1832;

Sur la proposition du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines;

Arrête ce qui suit :

TITRE Ier.

Des permissions.

Art. 1er. Nul ne pourra entreprendre ni continuer l'exploitation d'une carrière, par travaux souterrains, sans en avoir demandé et obtenu la permission.

Art. 2. La demande sera adressée au maire de la commune; elle énoncera les nom, prénoms et demeure du demandeur; elle indiquera ses droits à la propriété ou à la jouissance du sol. Elle fera connaître, d'une manière précise, la position de l'emplacement, l'étendue du terrain, l'épaisseur présumée de la masse à exploiter, l'épaisseur et la nature de la masse de recouvrement; enfin, l'ouverture ou l'entrée par laquelle il compte pénétrer dans la carrière.

Le pétitionnaire y joindra un plan dressé sur l'échelle de deux millimètres pour mètre, représentant les limites superficielles du terrain sous lequel l'exploitation devra s'étendre, ainsi que les chemins et constructions quelconques existant jusqu'à vingt mètres de distance desdites limites.

TITRE III.

De la surveillance et des contraventions.

Art. 14. La surveillance des carrières est exercée sous l'autorité du préfet, tant par les maires et adjoints et par leurs agens assermentés, que par l'ingénieur des mines.

Tout exploitant est tenu de faciliter à ces fonctionnaires les moyens de visiter ses travaux, et de les accompagner lorsqu'il en sera requis par eux.

Art. 15. Toute exploitation qui présenterait des dangers sous le rapport de la conservation des hommes et des choses, sera interdite et close, à moins que l'exploitant n'exécute les travaux de consolidation convenables.

Cette interdiction sera prononcée par le préfet, sur la proposition du maire, après que l'exploitant aura été entendu.

Lorsqu'il y aura urgence, le maire pourra ordonner provisoirement la cessation et la clôture des travaux.

Art. 16. A la diligence du préfet, et sous la surveillance de l'ingénieur des mines, il sera dressé un plan général des carrières de St.-Savinien, exécuté sur l'échelle de deux millimètres pour mètre, et indiquant les rapports qui existent entre les propriétés superficielles et les travaux souterrains. Ce plan général sera dressé aux frais de la commune de St.-Savinien, et déposé au greffe de la mairie.

On y rattachera les plans particuliers qui seront fournis à la mairie par les exploitans, en exécution des articles 2, 12 et 13 qui précèdent, au fur et à mesure que ces plans seront produits.

Ces plans, ainsi que le plan général, pourront être librement consultés par toutes les personnes intéressées. Ces personnes pourront en obtenir des expéditions, soit partielles, soit totales. Le prix de ces expéditions sera fixé par le préfet sur la proposition du maire et l'avis de l'ingénieur des mines.

Art. 17. Pour faciliter l'exécution du présent réglement, une tarière de vingt mètres au moins, confectionnée aux frais de la commune et entretenue en bon état, sera déposée à la mairie de St.-Savinien.

Cette tarière pourra être prêtée aux particuliers inté-

ressés, moyennant une rétribution et des conditions qui seront ultérieurement déterminées par le préfet, sur la proposition du maire et l'avis de l'ingénieur des mines.

Art. 18. Les contraventions des exploitans au présent règlement, seront constatées dans les formes prescrites en matière de police et de voirie. Leur répression sera poursuivie devant les tribunaux compétens.

Paris, le 28 mars 1832.

Le pair de France, ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics.

Signé, Cte. d'ARGOUT.

1er. octobre 1831.

RÈGLEMENT

Pour l'exploitation des carrières du dépt. de l'Aisne.

Le ministre du commerce des travaux publics,

Sur le rapport du conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. L'exploitation, par voie souterraine, des carrières de pierre calcaire, de pierre à plâtre, de marne, de glaise, de craie, de terre pyriteuse, etc., actuellement existantes dans le département de l'Aisne, et de toutes celles qui pourront y être ouvertes à l'avenir, sera soumise aux mesures d'ordre et de police qui sont prescrites ci-après.

Art. 2. Tout propriétaire ou entrepreneur qui se proposera, soit de continuer l'exploitation d'une carrière en activité, soit d'en ouvrir une nouvelle, sera tenu d'en faire sa déclaration devant le préfet du département par l'intermédiaire du sous-préfet de l'arrondissement et du maire de la commune dans laquelle sera située ladite carrière.

Art. 3. Cette déclaration énoncera les nom, prénoms et demeure du propriétaire ou entrepreneur de l'exploitation, avec l'indication de ses droits de propriété ou de jouissance du sol. Elle énoncera le nombre d'ouvriers que l'exploitant se propose d'employer, avec désignation des

différentes fonctions auxquelles ces ouvriers seront appliqués, d'après les usages locaux.

Art. 4. La même déclaration fera connaître, d'une manière précise, le lieu et l'emplacement de l'exploitation, la disposition générale des travaux faits ou à faire, soit par puits, soit par cavage à bouche, ainsi que les moyens qui seront employés ou projetés pour assurer la solidité de l'ouvrage, pour prévenir les accidens tant au dehors qu'à l'intérieur, pour épuiser les eaux et pour extraire les matières. A cet effet, ladite déclaration sera accompagnée d'un plan de la surface du terrain à exploiter, indiquant les édifices, habitations, clôtures murées et chemins qui peuvent exister tant sur ce terrain qu'à la distance de 15 mètres au moins de ses limites, et représentant les travaux souterrains existans ou projetés. Ce plan sera dressé sur une échelle de deux millimètres par mètre. Il devra être visé par le maire de la commune et vérifié par l'ingénieur des mines.

Art. 5. Ladite déclaration devra être faite:

1°. Par tout entrepreneur de carrières actuellement en activité, dans le délai de trois mois, à compter de la publication du présent réglement;

2°. Par tout entrepreneur de nouvelle carrière, un mois avant que l'on puisse commencer à mettre en activité l'exploitation de la carrière projetée.

Art. 6. Faute par lesdits propriétaires et entrepreneurs d'avoir fait la déclaration sus-énoncée dans les délais prescrits, le préfet, aussitôt qu'il sera informé de l'existence d'une exploitation non déclarée, en ordonnera la visite. Après quoi, sur le rapport du maire de la commune où sera située ladite exploitation, et sur l'avis de l'ingénieur des mines, le préfet, après avoir entendu les exploitans de ladite carrière, pourra ordonner, s'il y a lieu, que provisoirement, et par une mesure de police, les travaux en seront suspendus, jusqu'à ce que la déclaration sus-énoncée ait été effectuée, et sauf recours devers nous.

Art. 7. Dans toute exploitation de carrière, la surveillance de la police sera exercée sous la direction du préfet, soit par le maire de la commune dans laquelle sera située l'exploitation, ou, à son défaut, par les adjoints du maire, soit par les commissaires de police, le tout conformément aux articles 8 à 15 du Code d'instruction criminelle.

La surveillance de l'administration, relativement à l'observation des règlemens locaux, sera exercée sous l'autorité du préfet, par l'ingénieur des mines de l'arrondissement, et par le maire de la commune où sera le siége principal de l'exploitation.

Art. 8. L'ingénieur des mines présentera, tous les ans, au préfet un rapport sur les carrières du département, après les avoir visitées. Il donnera son avis sur les affaires administratives qui s'y rapporteront, toutes les fois qu'il en sera requis par le préfet. Il informera le préfet de tout désordre, abus ou inconvénient qu'il aurait observés dans l'exploitation des carrières. Il proposera les mesures d'ordre public dont il aura reconnu la nécessité, ou les moyens d'amélioration qu'il lui paraîtrait utile d'introduire. Sous ce dernier rapport, il éclairera les exploitans en leur faisant connaître les inconvéniens qu'il aurait reconnus dans leurs travaux.

Art. 9. Sur le rapport de l'ingénieur des mines, le préfet, après avoir pris l'avis du maire de la commune et entendu l'exploitant de la carrière dont il s'agira, pourra ordonner la suspension des travaux reconnus dangereux, et prescrire telles mesures de sûreté qu'il appartiendra, sauf recours par devers nous.

Art. 10. L'exploitant sera tenu de faciliter aux ingénieurs des mines, ainsi qu'à tous les fonctionnaires publics et agens délégués par l'administration, les moyens de visiter et de reconnaître les travaux d'exploitation.

Art. 11. Il sera personnellement responsable du fait de ses employés et ouvriers. Ces derniers devront toujours être porteurs de livrets, conformément à l'art. 12 de la loi du 22 germinal an XI (12 avril 1803).

Art. 12. Nul exploitant ne pourra abandonner, combler ou faire écrouler une carrière, avant d'en avoir fait sa déclaration au préfet, un mois au moins à l'avance. Le préfet, après avoir fait reconnaître l'état des lieux, prescrira ce qu'il appartiendra dans l'intérêt de la sûreté publique.

Art. 13. Les contraventions au présent règlement, qui seront commises par les carriers exploitans, ou autres personnes, seront constatées comme les contraventions en matière de voirie et de police, par l'ingénieur des

mines, et notamment par les maires et adjoints des communes, ainsi que par tous les officiers de police de ces localités, chacun dans leur ressort.

Art. 14. Les procès-verbaux constatant ces infractions seront dressés sur papier libre, timbrés et enregistrés en débet. Lorsque ces procès-verbaux seront rédigés par un gendarme, un commissaire de police ou un garde-champêtre, ils seront affirmés dans les 24 heures de leur rédaction devant le maire de la commune où l'infration aura été commise.

Art. 15. Ces procès-verbaux seront adressés en originaux au préfet pour faire statuer, sans délai, sur les peines et amendes encourues par les contrevenans, sans préjudice des dommages-intérêts qui pourront être réclamés par les parties lésées.

Paris, le 1er octobre 1832.

Le pair de France, ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics.

Signé, Cte. D'ARGOUT.

PREMIER SEMESTRE 1833.

Haut-fourneau à Aisy-sous-Rougemont.

Ordonnance du 14 janvier 1833, portant que MM. DE LA GUICHE *et* DE CHASTENAY-LANTY *sont autorisés à réunir un second haut-fourneau à fondre le minerai de fer, au fourneau déjà établi en vertu de l'ordonnance royale du 17 février 1830, à Aisy-sous-Rougemont* (Yonne).

Haut-fourneau de Rouvres.

Ordonnance du 14 janvier 1833, portant que MM. VERRAT frères *sont autorisés à conserver et tenir en activité le crible à eau qu'ils ont établi près du haut-fourneau de Rouvres, département de la Haute-Marne, pour compléter l'épuration du minerai de fer destiné au service de cette usine.*

Ordonnance du 14 janvier 1833, portant que M. Pierre DE MARTINÉCOURT *est autorisé à établir sur le territoire de Saint-Seine-sur-Vingeanne, département de la Côte-d'Or, deux lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer qui doit être traité au fourneau de Fontaine-Française.* Lavoirs à bras à Sain.-Seine sur-Vingeanne.

Ordonnance du 20 janvier 1833, portant que MM. COULAUX *et* Cie. *sont autorisés à conserver et tenir en activité le martinet à étirer le fer et l'acier qu'ils ont construit à Bœrenthal, arrondissement de Sarguemines, département de la Moselle, sur la rive droite du ruisseau de la Zinzel, au-dessous du pont communal, situé sur le chemin de Bœrenthal à Niederbronn.* Martinet de Bœrenthal.

Cette usine demeurera composée de deux feux de chaufferie et de deux marteaux.

Le plan d'ensemble et de nivellement qui figure l'emplacement du martinet, et qui a été dressé par l'ingénieur des ponts-et-chaussées, le 20 décembre 1830, restera annexé à la présente ordonnance.

Ordonnance du 20 janv. 1833, portant que MM. COULAUX *et* Cie.*, propriétaires des forges de Bœrenthal, arrondissement de Sarguemines, département de la Moselle, sont autorisés à conserver le troisième feu d'affinerie qu'ils ont établi dans l'enceinte de cet établissement.* Forges de Bœrenthal.

Ordonnance du 7 février 1833, qui accorde à la Société anonyme des mines de houille de Montrelais (Loire-Inférieure)*, la remise de la redevance proportionnelle de l'exercice 1832.* Mines de houille de Montrelais.

LOUIS-PHILIPPE, Roi des Français,

Vu la demande de la société anonyme des mines de

houille de Montrelais (Loire-Inférieure), en date du 6 juin 1832, tendant à obtenir la remise de leurs redevances;

Les pétitions des mêmes, en date du 27 dudit mois et du 13 juillet suivant, et leur mémoire du 21 août suivant;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 31 du même mois;

L'avis du sous-préfet de l'arrondissement d'Ancenis, du 8 septembre suivant;

L'avis du directeur des contributions directes de la Loire-Inférieure, du 25 du même mois;

L'avis du préfet, du 28 dudit mois;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines, du 12 octobre suivant;

L'avis du conseil général des mines, du 21 novembre 1832;

Le rapport du conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines, du 17 décembre suivant, approuvé le même jour par notre ministre du commerce et des travaux publics;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des finances,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il est fait remise à la société anonyme des mines de houille de Montrelais, du montant de la redevance proportionnelle que cette société devrait payer à l'Etat pour l'exercice de 1832.

Art. 2. La présente remise est accordée sous la condition expresse que le foncement des puits dits de *la Peignerie* et de l'*Ouest*, sera repris immédiatement et poursuivi sans interruption jusqu'à parfait achèvement.

Art. 3. Il sera statué ultérieurement sur la question de savoir s'il conviendra que la remise prononcée pour 1832 soit étendue à d'autres années, comme le demande la société; mais cette nouvelle faveur ne pourra être accordée que suivant ce qui résultera d'une nouvelle visite des lieux, et après que la société aura justifié de l'observation exacte de toutes les clauses portées dans ses statuts.

Art. 4. Nos ministres secrétaires d'état des finances et du commerce et des travaux publics, sont chargés, cha-

cun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 12 février 1833, portant concession de mines de houille situées près de Saint-Gervais, (Hérault). Mines de houille de Saint-Gervais.

(Extrait).

Art. 1er. Les portions de terrain houiller, situées près de la ville de Saint-Gervais, arrondissement de Béziers (Hérault), et ci-après délimitées, sont définitivement concédées aux héritiers Delzeuses.

Art. 2. Les limites de cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Gervais*, sont, savoir :

Au *nord-est*, à partir de l'embouchure du ruisseau de Graissessac, dans la rivière de Mare, par une ligne sinueuse se terminant au sommet sud-ouest du mont Cabanes, et passant par les sommets de la chaîne des montagnes qui forment les limites du territoire de Graissessac, commune de Camplong, avec celui de la commune de Saint-Gervais, et qui partagent les eaux en deux parties, l'une vers Graissessac, et l'autre vers Saint-Laurent et Castanet-le-Bas, les sommets de ladite chaîne de montagnes formant une limite commune avec la concession des mines du Devois de Graissessac;

Au *nord*, par la limite de la commune de Mesagues (Aveyron), depuis le mont Cabanes jusqu'au point où la limite orientale de la commune de Saint-Geniès-de-Varensal aboutit sur le chemin de Brusque à Graissessac;

A l'*ouest*, par la limite orientale de la commune de Saint-Geniès-de-Varensal, depuis le point ci-dessus, en suivant le ruisseau de Peyremale, jusqu'à sa jonction avec le ruisseau de la Bogue, puis le ruisseau de la Bogue jusqu'à sa jonction avec le ruisseau de Combals ; enfin ce dernier ruisseau, jusqu'à son confluent, avec la rivière de Mare;

Au *sud*, par la rivière de Mare jusqu'à son confluent avec le ruisseau de Graissessac, point de départ.

Lesdites limites embrassent, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, une étendue superficielle de 16 kilomètres 82 hectares.

Art. 5. Les concessionnaires exécuteront les conventions qui auraient été faites par eux ou par leur auteur avec les propriétaires de la surface ; ils satisferont en outre, en exécution de l'article 55 de la loi du 21 avril 1810, aux droits résultant pour les propriétaires, ainsi que pour les autres habitans du pays, soit des usages établis, soit des prescriptions légalement acquises, soit des conventions réciproques.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de houille dites de Saint-Gervais (Hérault).

(Extrait).

Art. 12. Dans le cas où des travaux d'exploitation auraient lieu sur les mêmes gîtes dans deux concessions contiguës, le préfet du département pourra ordonner, sur le rapport des ingénieurs des mines, qu'un massif soit réservé intact sur chaque gîte près de la limite commune aux deux concessions, pour éviter que les exploitations soient remises en communication d'une manière préjudiciable à l'une ou à l'autre.

L'épaisseur des massifs sera déterminée par l'arrêté du préfet, qui en ordonnera la réserve. Cette épaisseur sera toujours prise par moitié sur chacune des deux concessions.

Les massifs ne pourront être traversés ou entamés par un ouvrage quelconque, que dans le cas où le préfet, après avoir entendu les concessionnaires intéressés, et sur le rapport des ingénieurs des mines, aura pris un arrêté pour autoriser cet ouvrage, et prescrit le mode suivant lequel il devra être exécuté. Il en sera de même pour le cas où, l'utilité des massifs ayant cessé, un arrêté du préfet pourra autoriser chaque concessionnaire à exploiter la portion qui lui appartiendra.

Art. 13. S'il était reconnu nécessaire à l'exploitation de la concession ou d'une concession limitrophe, de mettre en communication les deux mines pour l'aérage ou l'écoulement des eaux, les concessionnaires seront tenus de souffrir l'exécution des ouvrages destinés à établir cette communication d'une manière convenable. Ces ouvrages seront ordonnés par le préfet sur le rapport des ingénieurs, les concessionnaires des deux mines ayant été entendus.

Dans ce cas, il pourra y avoir lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre, et le règlement s'en fera par experts, conformément à ce qui est ordonné par l'art. 45 de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 12 février 1833, *portant concession d'une mine de plomb située dans les environs de la ville de* BAUD (Morbihan).

Mines de plomb de la Chapelle-Saint-Mendé.

(Extrait).

Art. 1er. Il est fait concession, à M. Jacques-François Dardel, de la mine de plomb existante dans les environs de la ville de Baud, arrondissement de Pontivy, département du Morbihan,

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 2 kilomètres carrés, 92 hectares, sera désignée sous le nom de concession de la Chapelle-Saint-Mendé; elle sera limitée, conformément au plan joint à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au *nord*, par la route de Baud à Locminé, depuis son intersection B avec le chemin de Pralidé jusqu'à l'angle occidental du bâtiment le plus à l'ouest du hameau de Kerdehel, point C du plan;

A l'*est*, par une ligne tirée du dernier point ci-dessus au confluent de l'Evel et du Tarin, point D du plan;

Au *sud*, par la rive droite de l'Evel, depuis le confluent du Tarin jusqu'au point de rencontre M de cette rive avec une ligne menée de la Chapelle-Saint-Gobrien, au point de départ B;

A l'*ouest*, par la ligne M B.

Art. 3. En exécution des articles 6 et 42 de ladite loi (21 avril 1810), le concessionnaire paiera aux propriétaires de la surface une rente annuelle de 10 centimes par hectare de terrain compris dans sa concession.

Ladite rente ne sera payée que lorsqu'il n'existera pas de conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface. S'il existe de semblables conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas contraires aux règles qui seront

prescrites en vertu de l'acte de concession pour la conduite des travaux souterrains, et dans les vues d'une bonne exploitation. Dans le cas opposé, elles ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité.

Cahier de charges relatif à la concession de la mine de plomb, dite de la Chapelle-Saint-Mendé, *arrondissement de Pontivy* (Morbihan).

(Extrait).

Art. 1er. Le concesionnaire continuera, sous la direction des ingénieurs des mines du département, les travaux de recherche entrepris sur le gîte de plomb de la Chapelle-Saint-Mendé, afin de reconnaître le plus complétement possible l'étendue et la richesse du gîte.

L'emplacement des nouveaux puits qu'il pourra être nécessaire d'ouvrir, et les points d'attaque des galeries principales qu'une connaissance plus parfaite des localités pourrait faire juger praticables, seront déterminés de concert avec les mêmes ingénieurs.

Usine à fer à Palalda.

Ordonnance du 12 février 1833, portant que le sieur Jacques Roure *est autorisé à établir, sur la rivière du Tech, au lieu dit le moulin d'*en Alday, *commune de Palalda* (Pyrénées-Orientales), *une usine à fer composée d'un martinet à battre, et d'une chaufferie destinée à ouvrer le fer en grosses barres.*

Usine à fer à Villey-sur-Tille.

Ordonnance du 25 février 1833, portant que M. Massenot (Henri) *est autorisé à établir, sur la rivière de Tille, commune de* Villey-sur-Tille (Côte-d'Or), *une fonderie, un laminoir à barreaux, un four à réverbère, et une tréfilerie composée de douze bobines et d'un four à recuire le fil de fer.*

Ordonnance du 5 mars 1833, portant concession d'une mine de houille-lignite, dans la commune du Pin (Gard). Mines de lignite du Pin.

(Extrait).

Art. 1[er]. Il est fait, à MM. Dumazer et Ladroit, concession de la mine de houille-lignite du Pin, située dans la commune de ce nom, arrondissement d'Uzès, département du Gard.

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 47 hectares, est délimitée, ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au *nord*, par une ligne droite tirée du bâtiment le plus à l'est du hameau de Carrière au milieu du pont de Tave, sur l'ancienne route d'Uzès à Bagnols, passant par le Pin ;

A l'*est*, par une ligne droite menée du pont de Tave à l'église Saint-Vincent ;

Au *sud*, par une autre ligne droite menée de l'église Saint-Vincent au château de Pougnaderesse ;

A l'*ouest*, par une quatrième ligne droite conduite du château de Pougnaderesse au hameau de Carrière, point de départ.

Art. 6. Les droits résultant pour la commune du Pin, tant de la propriété superficielle d'une partie des terrains compris dans la concession, que de l'invention de la mine et de l'exploitation provisoire qui a eu lieu jusqu'à ce jour, sont purgés de la manière suivante :

Les concessionnaires paieront annuellement, à la commune du Pin, une rente de quinze cents francs.

Ils livreront aux habitans de ladite commune, la houille pour leur chauffage particulier et la chaux pour les constructions et réparations de leurs habitations, au prix, par quintal métrique, de trente centimes pour la houille et de cinquante centimes pour la chaux.

En aucun cas, les habitans ne pourront vendre de la chaux ou de la houille délivrées en vertu du présent article.

Art. 9. Ils seront, en outre, tenus de rembourser à qui de droit la valeur des travaux antérieurs au présent acte

de concession, qui seraient reconnus utiles à l'exploitation, et ce, dans les formes et suivant les règles prescrites par l'article 46 de la loi du 21 avril 1810.

Cahier de charges relatif à la concession de la mine de houille-lignite du Pin (Gard).

(Extrait).

Art. 1er. Les travaux d'exploitation seront établis au moyen de deux puits verticaux qui communiqueront entre eux par une galerie bien entretenue ; l'un de ces puits sera muni d'une échelle constamment en bon état ; il servira à l'aérage et au passage des ouvriers; l'autre puits sera destiné à l'extraction du combustible. Ces puits seront muraillés ou boisés solidement partout où il sera nécessaire. Leur emplacement et leur distance seront déterminés par le préfet, sur la proposition des concessionnaires et l'avis de l'ingénieur des mines.

Art. 4. Les massifs réservés entre les galeries ou tailles, ne pourront être exploités en retraite avant que l'ingénieur des mines n'ait constaté l'état des travaux par un procès-verbal, et ait reconnu que le déhouillement est nécessaire et praticable.

L'autorisation ou le refus de cette mesure sera prononcé par arrêté du préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, qui, dans le premier cas, devra faire connaître les mesures de précaution à prendre, et, dans le second cas, exposera les motifs du refus. Les concessionnaires seront préalablement entendus.

Dans le cas de déhouillement, la méthode de remblai sera pratiquée autant que possible.

Mines de fer de Traves et de la Côte-de-Long.

Ordonnance du 5 *mars* 1833, *portant concession des mines de fer de* Traves *et de la* Côte-de-Long, *situées dans l'arrondissement d'*Alais (Gard).

(Extrait).

Art. 1er. Il est fait à M. Humann, sauf les réserves exprimées aux art. 2 et 3 de la présente ordonnance,

concession des mines de fer comprises dans l'étendue ci-après délimitée, savoir :

Par une suite de lignes droites menées du clocher de Peyremale au clocher de Bordezac; du clocher de Bordezac aux salles de Gagnières jusqu'à la rencontre d'une droite menée de Verrières au confluent des rivières de Gagnières et de Cèze; de ce point d'intersection au confluent desdites rivières, en suivant la limite orientale de la concession houillère de Lalle; enfin, dudit confluent au clocher de Peyremale, point de départ.

Ladite concession, désignée sous le nom de concession de Traves et de la Côte-de-Long, embrassant une surface de 5 kilomètres carrés, 80 hectares, conformément au plan annexé à la présente ordonnance.

Art. 2. Cette concession est faite sous toutes les réserves des droits qui résultent, pour les propriétaires de surface, de l'art. 69 de la loi du 21 avril 1810, tant à l'égard des minerais en fragmens épars à la surface, que relativement à ceux qui existent en couches superficielles et qui sont susceptibles d'être exploités à ciel ouvert, et de manière à ce que cette exploitation ne puisse rendre impossible l'extraction des matières situées dans la profondeur, et qui ne pourraient être atteintes qu'à l'aide de puits, galeries et autres travaux d'art souterrains.

Sont également réservés tous les droits résultant, pour les propriétaires de la surface, de l'art. 70 de la loi précitée, à raison des exploitations à ciel ouvert et qui auraient été faites à leur profit et qui devraient cesser d'être pratiquées.

Art. 4. La présente concession ne préjudicie en rien aux droits acquis des concessionnaires des mines de houille situées dans les mêmes limites, de pratiquer toutes les ouvertures qui seront reconnues utiles à l'exploitation de la houille existant au-dessous des terrains quartzeux ferrifères ou dans leur voisinage. Le concessionnaire des mines de fer situées dans les terrains quartzeux sera tenu de souffrir ces ouvertures et même le passage à travers ses propres travaux, s'il est reconnu nécessaire, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts. En cas de contestations sur la nécessité de ces ouvertures, il sera statué par le préfet, sur

le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues.

Art. 5. Si la poursuite de l'exploitation des gîtes de minerai, qui font l'objet de la présente concession, fait reconnaître que ces gîtes s'approchent beaucoup du terrain houiller, le concessionnaire ne pourra exploiter que ceux de ces gîtes dont l'extraction sera reconnue sans inconvéniens pour celle de la houille exploitable située dans le voisinage. Dans ce cas même, il se conformera aux mesures qui lui sont prescrites par l'administration dans l'intérêt de la bonne exploitation de la houille.

Cahier de charges relatif à la concession des mines de fer de TRAVES *et de la* CÔTE-DE-LONG

(Extrait).

Art. 11. En exécution de l'art. 49 de la loi du 21 avril 1810, le concessionnaire sera tenu de fournir des minerais de fer aux usines qui seraient établies dans le voisinage avec autorisation légale, à moins que l'administration ne reconnaisse l'imposibilité où il serait d'exécuter cette condition sans compromettre l'existence de ses propres usines. S'il y a contestation à cet égard, il sera statué, par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines; le prix de ces minerais sera réglé de gré à gré ou à dire d'experts. En cas d'inexécution de cette clause, il en sera rendu compte au ministre du commerce et des travaux publics, pour y être pourvu, ainsi que l'art. 49 de la loi du 21 avril 1810 le prescrit.

Ordonnance du 5 *mars* 1833, *portant concession des mines de fer de* BORDEZAC, *situées dans l'arrondissement d'*ALAIS (Gard).

(Extrait).

Mines de fer de Bordezac.

Art. 1er. Il est fait à la compagnie Devaux-Robiac. Lassagne et Silhol, sauf les réserves exprimées aux art. 2 et 3 de la présente ordonnance, concession des mines de fer comprise dans l'étendue ci-après délimitée, savoir :

Par une suite de lignes droites tirées du clocher de Peyremale à celui de Bordezac; du clocher de Bordezac à la Meynière; de la Meynière au moulin de Nourèdes; du moulin de Nourèdes au confluent du ruisseau d'Abeau et de la rivière de Cèze jusqu'à un point de cette ligne situé à 450 mètres du moulin de Nourèdes; enfin, de ce dernier point au clocher de Peyremale, point de départ.

Ladite concession, désignée sous le nom de concession de Bordezac, embrassant une surface de un kilomètre carré, 53 hectares, conformément au plan annexé à notre ordonnance de ce jour, relative à la concession de Traves et de la Côte-de-Long.

Art. 2. (*Ut suprà*).

Art. 5. (*Ut suprà*).

Cahier de charges relatif à la concession des mines de fer de BORDEZAC, *dans la vallée de la* CÈZE, *arrondissement d'*ALAIS (Gard).

(Extrait).

Art. 11. (*Ut suprà*).

Ordonnance du 10 mars 1833, portant concession des mines de plomb-sulfuré-argentifère de la GARDE-FREINET, *situées dans le département du Gard.*

Mines de plomb-sulfuré-argentifère de la Garde-Freinet.

(Extrait).

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Joseph Lazare, Philippe et Bernard Lazare, Magnan de Kothen, des mines de plomb-sulfuré-argentifère, contenant accidentellement cuivre, antimoine et zinc, situées dans les communes de Draguignan, la Garde-Freinet, Cogolin et Grimaud (*Var*).

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de la Garde-Freinet, renferme une étendue superficielle de 20 kilomètres carrés, 78 hectares; elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan général joint à la présente ordonnance, savoir :

Au *nord-ouest*, par une suite de lignes partant de l'angle *sud* de l'habitation des Mourgues, point A du

plan, passant par le clocher de la Garde-Freinet, par l'angle *nord-ouest* de l'habitation dite de Basset, point C du plan, et aboutissant au point D, angle *nord-ouest* de la maison d'Etienne Serret, au hameau de la Cour;

Au *sud-ouest*, par une ligne brisée partant du point D, passant par le point E, angle *sud* de l'écurie du sieur Giraud, au camp de la Suyère, et aboutissant au ruisseau de Giscle en F, terme commun des territoires de Grimaud, de la Molle et de Cogolin;

Au *sud-est*, par une ligne menée du point F à l'angle *nord-ouest* de l'habitation dite le Rascas, et s'arrêtant en G, au point où elle rencontre la droite tirée de l'angle *sud-est* du hameau de la Tourre à l'angle *nord-ouest* de l'étable de Joseph Pisanelle, point H du plan;

A l'*est*, par la ligne G H, et par une ligne menée du point H à l'angle *nord-ouest* du pré du Sole, point K du plan;

Au *nord-est* par une ligne tirée du point K au point A, point de départ.

Ordonnance du 10 mars 1833, portant concession de la mine de manganèse de MILHAC-DE-NONTRON *et de* SAINT-MARTIN-DE-FREYSSENGEAS (Dordogne).

(Extrait).

Mines de manganèse de Milhac-de-Nontron et de Saint-Martin-de-Freyssengeas.

Art. 1er. Il est fait à M. Jules Delanoue, concession de la mine de manganèse de Milhac-de-Nontron et de Saint-Martin-de-Freyssengeas, arrondissement de Nontron (Dordogne).

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 5,444,100 mètres carrés, est limitée ainsi qu'il suit:

Au *sud*, par une ligne droite tirée du clocher de Milhac-de-Nontron à l'angle nord du bâtiment le plus septentrional de la Martonie; par une autre ligne droite tirée de ce dernier point à l'angle sud-ouest de la maison de Lamothe; par une autre ligne droite tirée de ce dernier point au confluent des deux ruisseaux de Lage et de la Fouillarge; et enfin par une autre droite tirée de ce dernier point à l'angle sud de l'Espinasse;

A l'*est*, par une ligne droite tirée de ce dernier point à la croix sise sur le chemin de Saint-Martin-de-Freyssengeas, au point où celui-ci est coupé à angle droit par un autre chemin public; par une autre droite tirée de ce dernier point au point de rencontre du chemin de Freyssengeas et de la Chapelle-Faucher, limites occidentales de la concession de Saint-Martin-de-Freyssengeas, faite à M. Nissou;

Au *nord*, par une ligne tirée du dernier point ci-dessus à l'angle nord de la maisonnette des Vignes-de-Lage; par une autre droite tirée de ce dernier point à l'extrémité orientale de la chaussée de l'étang rompu de Maumont; par une autre droite tirée de ce dernier point à l'angle nord du bâtiment le plus septentrional de Mataly; par une autre droite tirée de ce dernier point à l'angle sud du four de la tuilerie de la maison des Vignes; par une autre ligne droite tirée de ce dernier point à l'angle nord de la maison de campagne de M. Delanoue père, située à Foucerot;

Enfin à l'*ouest*, par une ligne droite tirée de ce dernier point au clocher de Milhac-de-Nontron, point de départ.

Cahier de charges relatif à la concession de la mine de manganèse de Milhac-de-Nontron *et de* Saint-Martin-de-Freyssengeas, *arrondissement de* Nontron (Dordogne).

(Extrait).

Art. 1er. L'exploitation se fera de deux manières:

Par tranchées ouvertes, lorsque l'épaisseur du terrain qui recouvre le gîte métallifère n'excédera pas six à sept mètres.

Par puits et galeries, quand il sera reconnu que l'exploitation par tranchées serait désavantageuse.

Art. 2. Les tranchées seront remblayées avec les terres stériles, au fur et à mesure de l'avancement du travail, et on les disposera de manière à profiter, pour l'écoulement des eaux, de la pente naturelle du terrain.

Art. 3. Les puits, galeries ou chambres d'exploitation, suivant leur durée qui sera calculée d'après la consistance des gîtes de minerai reconnus par des ouvrages prélimi-

naires, seront garnis soit d'un boisage permanent, soit d'un boisage volant. Ce dernier sera suffisant quand les travaux devront être évacués dans l'année. Les déblais provenant des fouilles intérieures seront replacés successivement dans les ouvrages excavés, de manière à permettre l'enlèvement de la plus grande partie du minerai; et, lorsque les puits auront été jugés inutiles, le concessionnaire sera tenu de les faire combler.

Art. 4. Lorsque l'épaisseur du gîte sera considérable et excédera la hauteur d'une galerie ou chambre, on formera plusieurs étages d'exploitation en s'élevant successivement de bas en haut, après avoir remblayé solidement les vides inférieurs.

Art. 5. Les travaux seront coordonnés entre eux, de telle sorte que deux puits voisins se servent mutuellement de puits d'aérage, et que les champs d'exploitation aient toute la latitude que comportent les gîtes de minerai à extraire.

Art. 6. Tant qu'il n'aura pas été reconnu que des machines plus puissantes sont nécessaires, on se servira pour l'exploitation et l'épuisement, de treuils garnis d'un axe en fer et portés sur des montans avec jambages et semelles solidement établis.

Ordonnance du 10 mars 1833, portant concession de la mine de fer de Villa-franca, située dans le département des Pyrénées-Orientales.

(Extrait).

Mines de fer de Villa-Franca.

Art. 1er. Il est fait concession à madame Augustine-Marie-Joséphine-Célestine de Favières, de la mine de fer dite de *Villa-Franca*, située dans la commune de Velmanya, arrondissement de Prades, département des Pyrénées-Orientales.

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 45 hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

Au *nord*, par une ligne droite partant du point dit *Roca-Gelera*, et aboutissant au point A sur un col où passe le chemin des mines de Labastide;

A l'*est*, par une ligne droite tirée du point A au sommet dit *Puig-de-l'Estela*;

Au *sud*, par une ligne droite tirée de Puig-de-l'Estela aux rochers dits *Rocas-de-Pey*;

A l'*ouest*, par une ligne droite tiré des Rocas-de-Pey au rocher dit *Rocat-Gelera*, point de départ.

Ordonnance du 22 mars 1833, portant que M. Pierre Mayence *est autorisé à établir, en remplacement de l'huilerie et du foulon qu'il possède sur la rivière de Blaise, commune de Vaux, arrondissement de Vassy, département de la Haute-Marne, un haut-fourneau, un bocard et un patouillet.* **Usine à fer à Vaux.**

Ordonnance du 22 mars 1833, portant que M. Maître *est autorisé à conserver les usines qu'il possède sur le territoire de Villote-sur-Ource, département de la Côte-d'Or, consistant en un haut-fourneau et en deux feux de forge.* **Usines à fer de Villotte-sur-Ource.**

Ordonnance du 4 avril 1833, portant que M. du Boutet *est autorisé à conserver et tenir en activité le patouillet qu'il possède à Crépan, sur la rivière d'Ource, commune de Prusly* (Côte-d'Or). **Patouillet de Crépan.**

Ordonnance du 4 avril 1833, portant que M. François-Xavier-Anatole Petit-Jean Duplessy *est autorisé à substituer deux lavoirs à cheval aux trois lavoirs à bras qu'il a établis pour le lavage du minerai de fer, en vertu de deux ordonnances royales des 12 janvier 1825 et 31 janvier 1827, dans le pré dit des* Quatre-Faulx, *dépendant du domaine de la Tuilerie qu'il possède dans la commune de la Chapelle-Saint-Quillain* (Haute-Saône). **Lavoirs à cheval à la Chapelle-Saint-Quillain.**

Patouillet à Fontenelle.

Ordonnance du 17 avril 1833, portant que M. DE LA TOUR-DU-PIN *est autorisé à transférer au moulin de Fontenelle un des deux patouillets qu'il possède près de son haut-fourneau de Fontaine-Française* (Côte-d'Or).

Ordonnance du 22 avril 1833, portant concession des mines de houille des PORROTS, *situées dans le département de Saône-et-Loire.*

(Extrait).

Mines de houille des Porrots.

Art. 1er. Il est fait à MM. Sirodot-Rochet, Louvot, Merle et compagnie, concession de mines de houille situées dans les communes de Ciry, Sanvignes, Dompierre et Perrecy, arrondissement de Charolles, département de Saône-et-Loire.

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 16 kilomètres carrés 51 hectares, sera désignée sous le nom de concession des *Porrots*. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

Au *nord* par une ligne droite tirée de l'angle *nord-est* de la maison de la veuve Charollais, dite Souson, située au hameau de Dornand, à l'angle *ouest* du domaine de la Vesvre ;

A l'*ouest*, par deux lignes droites, l'une tirée de la Vesvre à l'angle *ouest* du domaine de Ponsard, l'autre tirée de ce point à l'angle *sud* de la maison Billard ;

Au *sud*, par une ligne droite tirée de l'angle *sud* de la maison Billard à l'angle *sud* du domaine de Montbouton ;

A l'*est*, par deux lignes droites, l'une tirée de l'angle *sud* du domaine de Montbouton, à un point V, intersection de la ligne menée de l'angle *sud* de Montbouton, à l'angle *nord-ouest* de la maison François Germain, située aux Badeaux, et de la ligne tirée du Dornand à l'angle *nord-ouest* du domaine du Devant, l'autre de ce point V à Dornant, point de départ.

Art. 6. En exécution des art. 6 et 42 de ladite loi (21

avril 1810), les concessionnaires paieront aux propriétaires de la surface, une rente annuelle de 25 centimes par hectare de terrain compris dans l'étendue de la concession.

Pour les terrains appartenant aux hospices civils de Dijon, au lieu de cette rente de 25 centimes par hectare, les concessionnaires paieront une redevance annuelle de 500 francs auxdits hospices, pendant toute la durée de la présente concession.

Cahier de charges relatif à la concession des Porrots.

(Extrait).

Art. 1er. Dans le délai de trois mois, à partir de la notification de l'acte de concession, les concessionnaires ouvriront un nouveau puits pour atteindre la couche de houille déjà découverte aux Porrots. Ce puits sera placé à 150 mètres environ du premier, dans le sens de l'aval pendage de la couche, et continué sans interruption jusqu'à cette couche. Il sera mis en communication avec le puits ancien par une galerie percée sur l'inclinaison de la couche de houille. A partir du pied du nouveau puits, on percera dans la couche des galeries d'allongement et de reconnaissance jusqu'à 100 mètres au moins de ce puits. En même temps on recherchera les autres couches de houille qui peuvent exister au-dessous de la première, au moins jusqu'à 100 mètres de profondeur. Cette recherche pourra avoir lieu, à partir de la première couche, au moyen de la soude; mais si elle fait reconnaître des gîtes de houille d'une épaisseur suffisante pour une exploitation utile, le puits sera aussitôt approfondi jusqu'à ces gîtes, et on ouvrira sur chacun d'eux des galeries de reconnaissance comme dans la première couche.

Art. 2. On recherchera par un sondage la couche découverte par le puits des Quatre-Nations. Ce sondage devra être continué après qu'il aura rencontré la couche, de manière à atteindre au moins une profondeur de 150 mètres.

Des recherches seront également entreprises par sondages ou par puits sur les affleuremens reconnus aux lieux dits Joux et Ponsard.

Mines de houille de la Theurée-Maillot.

Ordonnance du 23 avril 1832, portant concession des mines de houille de la THEURÉE-MAILLOT, *situées dans le département de Saône-et-Loire.*

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Versand, Ferrand-Versand et compagnie, de mines de houille situées dans les communes de Sanvignes et autres, arrondissement de Charolles, département de Saône-et-Loire.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de la *Theurée-Maillot*, renferme une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 97 hectares. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à notre ordonnance de ce jour, relative à la concession des *Porrots*;

Au *nord*, par une ligne droite tirée de l'angle *nord-est* de la maison de la veuve Charollais dite Souson, située au hameau de Dornand, au clocher de Sanvignes;

A l'*est*, par une ligne droite tirée du clocher de Sanvignes à un point A, située à 2,500 mètres de ce clocher, sur une ligne menée dudit clocher à l'angle *nord-ouest* de la maison François Germain, située aux Badeaux;

Au *sud*, par une ligne droite tirée de ce point A, à un point B placé à 2,500 mètres de Dornand, sur une ligne menée de Dornand à l'angle *nord-ouest* du domaine du Devant;

A l'*ouest*, par une ligne droite tirée du point B à Dornand, point de départ.

Ordonnance du 22 avril 1833, portant concession des mines de houille des BADEAUX (Saône-et-Loire).

(Extrait).

Mines de houille des Badeaux.

Art. 1er. Il est fait concession, à M. Jean-Baptiste François Mayneaud de Pancemont, de mines de houille situées dans les communes de Sanvignes et autres, arrondissement de Charolles, département de Saône-et-Loire.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom des *Badeaux*, renferme une étendue superficielle de 5 kilomètres carrés, 91 hectares. Elle est limitée ainsi qu'il suit, con-

formément au plan joint à notre ordonnance de ce jour relative à la concession des *Porrots* :

Au *nord*, par une ligne droite tirée d'un point A à un point B, le premier étant placé à 2,500 mètres du clocher de Sanvignes, sur une ligne menée dudit clocher à l'angle nord-ouest de la maison François Germain, située aux Badeaux, le second étant placé à 2,500 mètres de l'angle nord-est de la maison de la veuve Charollais, dite Souson, située à Dornand, et sur une ligne menée de cet angle à l'angle nord-ouest du domaine du Devant;

A l'*ouest*, par une ligne droite tirée du point B au point V, intersection de deux lignes droites, l'une tirée de l'angle sud du domaine de Montbouton à l'angle nord-ouest de la maison François Germain, située aux Badeaux, l'autre tirée de l'angle nord-est de la maison de la veuve Charollais, dite Souson, située à Dornand, audit angle nord-ouest du domaine du Devant;

Au *sud-est*, par deux lignes droites, l'une tirée du point V audit angle nord-ouest de ladite maison François Germain, située aux Badeaux, l'autre tirée de ce dernier point au point A, point de départ.

Cahier de charges relatif à la concession des BADEAUX.

(Extrait.)

Art. 1er. Dans le délai de trois mois, à partir de la notification de l'acte de concession, le concessionnaire sera tenu d'exécuter, conformément aux instructions qui lui seront données par l'ingénieur des mines, des recherches par puits ou par sondage :

1°. Vers l'est de la concession, et à 600 mètres environ du puits de la Theurée-Maillot;

2°. Vers l'ouest de la concession, à 300 mètres environ de la limite et à la hauteur du puits des Porrots.

Art. 2. Les couches que les recherches feront reconnaître jusqu'à 100 mètres au moins de profondeur, seront explorées au moyen de puits et de galeries d'allongement poussées dans les couches jusqu'à 100 mètres au moins de chaque côté des puits.

Ordonnance du 22 avril 1833, portant concession des mines de houille de TERNAY (Isère).

(Extrait).

Mines de houille de Ternay.

Art. 1er. Il est fait, à MM. Lombard, Cussinet, Fleury et compagnie, concession des mines de houille de Ternay, situées dans l'arrondissement de Vienne, département de l'Isère.

Art. 2. Cette concession, comprenant une étendue superficielle de 8 kilomètres carrés, 23 hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance.

Vers l'*est*, de A en B, par une ligne droite passant par le clocher du Bourg de Chasse et le point où le chemin de Ternay à Communay est atteint (dans le hameau de Villeneuve) par le chemin des Trambas à Ternay, ladite ligne droite prolongée du côté du nord jusqu'à sa rencontre en un point B avec le chemin de Communay à la prairie, et du côté du sud, jusqu'à sa rencontre en un point A avec une autre droite tirée du confluent du ruisseau dit Font-Famineuse, dans le Rhône, à l'angle le plus au nord des maisons Trambas, ladite ligne formant la limite ouest de la concession de Communay;

Vers le *nord*, de B en C, par le chemin de Communay à la prairie, jusqu'à sa rencontre avec le ruisseau d'Ozon;

Vers l'*ouest*, de C en D, par le ruisseau d'Ozon jusqu'à son confluent dans le Rhône, et ensuite par la rive gauche du Rhône, en descendant jusqu'au confluent du ruisseau dit Font-Famineuse;

Vers le *sud*, par une ligne droite tirée du confluent D du ruisseau Font-Famineuse dans le Rhône au point de départ A, formant l'angle le plus au nord des maisons Trambas.

Art. 6. Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par l'article 6 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé à une redevance en nature, proportionnelle aux produits de l'extraction, laquelle sera payée par les concessionnaires aux propriétaires des terrains sous lesquels ils exploiteront.

Cette redevance est et demeure fixée ainsi qu'il suit:

Pour les couches de deux mètres de puissance et au-dessus, savoir :

La 20e. partie du produit brut, quand l'extraction aura lieu à une profondeur de.	0m.	à	70m.
La 24e.	70	à	100
28e.	100	à	150
32e.	150	à	200
36e.	200	à	250
40e.	250	à	300
48e. à une profondeur de plus de	300		

Les fractions ci-dessus seront réduites d'un quart quand il s'agira de couches de 1 mètre 50 cent. à 2 mètres de puissance ;

De moitié, quand il s'agira de couches de 1 mètre à 1 mètre 50 cent. de puissance ;

Et enfin de trois quarts, quand il s'agira de couches dont la puissance n'atteindra pas un mètre.

Les dispositions de ce tarif seront applicables, lorsqu'il n'existera pas de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface. S'il existe de semblables conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas contraires aux règles à suivre pour la conduite des travaux souterrains et dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas opposé, elles ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité.

Art. 7. Les nombres portés dans le tarif ci-dessus à la colonne *profondeur*, expriment les distances verticales qui existent entre le sol de chaque place d'accrochage (ou recette) de la houille à l'intérieur de la mine, et le seuil bordant à l'extérieur l'orifice du puits, soit que l'extraction s'opère par un puits vertical, soit qu'elle ait lieu par un puits incliné (ou fendue). Le cas arrivant où la tonne (ou benne), qui contient la houille, serait accrochée au bas d'un plan incliné sur le prolongement d'un puits vertical, la profondeur ne sera comptée qu'à partir de la naissance du puits vertical.

Art. 8. Les puissances des couches de houille portées au tarif expriment les épaisseurs réunies des différens lits (ou mises) de houille dont se compose une même couche, déduction faite des bancs de rocher interposés entre ces

lits. Toutefois, la déduction aura lieu seulement à l'égard des bancs ou bandes de rocher qui se seront présentés avec continuité sur une surface de 100 mètres carrés au moins, avec une épaisseur moyenne de 10 centimètres et au-dessus.

Art. 9. La redevance sera délivrée jour par jour en nature, à moins que les propriétaires n'aiment mieux la recevoir en argent. Dans ce cas, elle sera payée par semaine par les concessionnaires, suivant le prix courant de la houille de même qualité dans les concessions voisines.

Les propriétaires devront déclarer aux concessionnaires en quelle valeur ils veulent percevoir leur redevance, soit en nature, soit en argent, et cette déclaration sera obligatoire jusqu'à l'abandon de la couche en exploitation au moment où la déclaration aura été faite.

Ordonnance du 22 *avril* 1833, *portant concession des mines de houille de* COMMUNAY (Isère).

(Extrait).

Mines de houille de communay.

Art. 1er. Il est fait à MM. Félix Pinet, Jules Boissat et Cie, concession des mines de houille de Communay, situées dans l'arrondissement de Vienne, département de l'Isère.

Art. 2. Cette concession, comprenant une surface de 9 kilomètres carrés, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

Vers l'*ouest*, de A en B par une ligne droite passant par le clocher du bourg de Chasse et le point où le chemin de Ternay à Communay est atteint dans le hameau de Villeneuve par le chemin de Trambas à Ternay, ladite ligne droite prolongée du côté nord jusqu'à sa rencontre en un point B avec le chemin de Communay à la prairie, et du côté du sud jusqu'à sa rencontre en un point A avec une autre droite tirée du confluent du ruisseau dit *Font-Famineuse*, dans le Rhône, à l'angle le plus au nord des maisons Trambas ;

Vers le *nord*, de B en C, par une ligne droite tirée du point B au milieu du pont Palud sur la grande route de Lyon à Valence ;

Vers l'*est*, de E en F par une ligne droite tirée du milieu du pont Palud, à l'angle le plus au nord des maisons Trambas ;

Vers le *sud*, par une ligne droite tirée du point F au point de départ A.

Art. 6 (*ut suprà*).

Art. 7 (*ut suprà*).

Art. 8 (*ut suprà*).

Art. 9 (*ut suprà*).

Ordonnance du 22 avril 1833, portant concession des mines d'anthracite de la COMBE-CHARBONNIÈRE (Isère).

(Extrait).

Art. 1er. Il est fait concession, à MM. Georges Sarret, Jacques Arnol, Antoine Arnol et Claude Giraud, de mines d'anthracite, situées dans la commune d'Huez, arrondissement de Grenoble, département de l'Isère. Mines d'anthracite de la Combe-Charbonnière.

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 1 kilomètre carré, 12 hectares, sera désignée sous le nom de concession de la Combe-Charbonnière. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, savoir :

A l'*ouest*, par la crête de la montagne de Lassat, depuis la pointe nord du lac Blanc, point E du plan, jusqu'au point B, situé à 310 mètres au nord du ruisseau de Riflord ;

Au *sud*, par une ligne tirée du point B, perpendiculairement à la crête de la montagne de l'Elpic, et aboutissant au point E sur ladite crête ;

A l'*est*, par la crête de la montagne de l'Elpic, depuis le point C jusqu'en A, point où elle est coupée par une ligne, partant du point E, qui lui est perpendiculaire ;

Au *nord*, enfin par ladite ligne A, E, joignant le point A au point E, point de départ.

Cahier de charges relatif à la concession des mines d'anthracite de la Combe-Charbonnière.

(Extrait).

Art. 1er. Dans le délai de trois mois, à dater de la notification de l'ordonnance de concession, les concessionnaires feront ouvrir, sur la couche d'anthracite, deux galeries d'exploration, l'une au lieu dit la Combe-Charbonnière, l'autre au lieu dit le clocher de Malcon.

Ces galeries seront menées suivant la direction de la couche sur une pente qui n'excédera pas $\frac{1}{100}$. Le percement en sera continué sans interruption jusqu'à ce qu'elles aient atteint chacune 100 mètres au moins de longueur.

Bocard à Givrauval.

Ordonnance du 22 avril 1833, portant que M. Amand Hiérard *est autorisé à établir au moulin de* Givrauval, *sur la rivière d'*Ornain, *commune de* Givrauval, *arrondissement de* Bar-le-Duc, *département de la Meuse, un bocard à cinq pilons, destiné au lavage du minerai de fer.*

Mines de cuivre de Canaveilles.

Ordonnance du 22 avril 1833, accordant une nouvelle concession de mines de cuivre aux propriétaires des mines de Canaveilles, *situées dans le département des Pyrénées-Orientales.*

(Extrait).

Art. 1er. Il est fait, aux propriétaires des mines de cuivre de Canaveilles, canton d'Olette (Pyrénées-Orientales), une nouvelle concession de mines de cuivre dans la même localité.

Art. 2. Cette concession renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres carrés, 31 hectares, 55 ares, est limitée ainsi qu'il suit :

Au *midi*, par les deux lignes droites qui aboutissent au village de Canaveilles, et qui forment la limite nord de la concession de ce nom ;

Au *nord-ouest*, par une ligne droite menée de l'angle *nord-ouest* de ladite concession, marquée C sur le plan, et se dirigeant sur le pont de Cerdagne;

A l'*est*, la limite *est* de ladite concession, prolongée en ligne droite jusqu'audit pont de Cerdagne.

Art. 3. La présente concession sera et demeurera réunie à celle de Canaveilles, pour ne pouvoir en être séparée qu'en vertu d'une permission spéciale demandée et obtenue dans les formes prescrites par le titre II de la loi du 21 avril 1810, pour le cas où il s'agit de diviser en plusieurs lots une concession unique.

---

*Ordonnance du 11 mai 1833, portant concession de mines de fer situées dans le département de l'*Isère.

(**Extrait**).

Art. 1er. Il est fait à MM. Gayet et Billas, concession de mines de fer spathique situées sur la rive gauche du ruisseau des Barbas, commune de Saint-Pierre-d'Allevard, département de l'Isère.

Mines de fer de Saint-Pierre-d'Allevard, rive gauche du ruisseau des Barbas.

Art. 2. Cette concession, comprenant une étendue superficielle de 29 hectares, 4 dixièmes d'hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance :

A l'*est*, par la ligne tirée de la grange des Charrières au replat du Fayon, à la grange de Tarentaisin à Morestant (lignes servant de limites *ouest* à la concession N accordée à M. de Marcieu, le 15 janvier 1817), depuis le ruisseau des Barbas jusqu'au ruisseau de Salins;

Au *nord*, par le ruisseau des Barbas; depuis le point où il est coupé par la ligne ci-dessus indiquée, jusqu'à sa rencontre avec la ligne tirée de la grange de Joseph Raymond à celle de Sébastien Tarentaisin;

A l'*ouest*, par la prolongation de ladite ligne, tirée de la grange de Raymond à celle de Tarentaisin, depuis le ruisseau des Barbas jusqu'au ruisseau de Salins;

Au *sud*, par le ruisseau de Salins, en le remontant jusqu'à sa rencontre avec la ligne tirée de la grange des Charrières à la grange de Tarentaisin à Morestant.

Art. 8. Ils (les concessionnaires) contribueront au traitement du garde-mines d'Allevard, de telle sorte que ce traitement, fixé d'abord à 1,000 fr. pour le service des quatorze premières concessions, et augmenté depuis lors proportionnellement à l'importance relative des concessions successivement accordées, soit accru aujourd'hui d'une somme proportionnelle à la quantité de minerai extraite dans la présente concession, comparée à la quantité totale des minerais extraits dans les quatorze concessions primitives.

---

*Ordonnance du 11 mai 1833, portant concession de mines de fer dans le département de l'*Isère.

(Extrait).

Mines de fer de Saint-Pierre-d'Allevard, rive droite du ruisseau des Barbas.

Art. 1er. Il est fait, à MM. Paret, Fatin et Couturier, concession des mines de fer spathique, situées sur la rive droite du ruisseau des Barbas, commune de Saint-Pierre-d'Allevard, département de l'Isère.

Art. 2. Cette concession, qui comprend une étendue superficielle de 13 hectares, 2 centièmes d'hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à notre ordonnance de ce jour, relative à la concession sur la rive gauche du ruisseau des Barbas, accordée à MM. Gayet et Billaz :

Au *sud*, par le ruisseau des Barbas;

A l'*est*, par le chemin de Coudrac;

Au *nord*, par le chemin du Gras-Plan;

A l'*ouest*, par une ligne droite partant de la grange de Joseph Raymond, passant par celle de Sébastien Tarentaisin, jusqu'à sa rencontre avec le ruisseau des Barbas.

Art. 8. (*Ut suprà.*)

Taillanderie à Châtenois.

Ordonnance du 11 mai 1833, portant que M. Dartein *est autorisé à établir, sur le cours d'eau de la scierie de* Wockenlock, *commune de* Chatenois, *arrondissement de* Schelestadt (Bas-Rhin), *une usine de taillanderie, composée d'un feu de martinet,*

d'un marteau à deux batteries et d'une aiguiserie.

Ordonnance du 11 mai 1833, portant que M. Pierre Galabrun *est autorisé à établir, dans la commune des* Bains-d'Arles (Pyrénées-Orientales), *auprès de la forge de ce nom, une nouvelle usine pour la fabrication du fer.* Usine à fer des Bains-d'Arles.

Cette usine consistera en une forge dite *feu à la catalane*, avec les appareils de soufflerie et de compression nécessaires.

Ordonnance du 11 mai 1833, portant que M. Hocard (Charles-Joseph), *est autorisé à établir un bocard et un patouillet destinés au lavage du minerai de fer sur le canal de décharge de l'étang qu'il possède à* Vrécourt (Vosges). Bocard et patouillet à Vrécourt.

Ce patouillet ne pourra jamais servir pour débourber les minerais : on n'y lavera complétement que ceux bocardés dans l'usine.

Ordonnance du 11 mai 1833, portant que MM. Bertèche-Lambquin et fils *sont autorisés à maintenir en activité l'usine à fer qu'ils possèdent sur le ruisseau de* Launoy, *dans la commune de* Matton (Ardennes). Usine à fer de Matton.

Elle demeurera composée de deux forges d'affinerie et de deux marteaux, avec les mécanismes nécessaires à leur roulement, comprenant trois tournans, dont un pour les soufflets.

Ordonnance du 11 mai 1833, qui accepte la renonciation des propriétaires de la mine de manganèse des Fourneaux, *département de la Dordogne, à la concession de cette mine.*

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département du commerce et des travaux publics; Mine de manganèse des Fourneaux.

Vû la demande adressée le 19 mai 1832, au préfet de la Dordogne, par MM. Jules Delanoue et consorts, tendant à ce que leur renonciation à la concession de la mine de manganèse des Fourneaux, qui leur a été accordée par ordonnance royale du 3 février 1830, soit acceptée;

Le plan y joint;

L'arrêté du préfet, en date du 19 juin 1832, qui prescrit les publications et affiches de la demande;

Les certificats délivrés par les maires des communes intéressées constatant l'accomplissement de ces formalités;

Le numéro du journal du département, du 24 juin 1832, dans lequel a été insérée la demande;

Le procès-verbal de visite des mines, dressé par l'ingénieur en chef des mines, le 27 juin 1832;

Le rapport du même, du 29 octobre de la même année,

L'arrêté du préfet, du 26 novembre suivant;

L'avis du conseil général des mines, du 24 décembre 1832;

Vu l'ordonnance royale du 3 février 1830, relative à la concession des mines de manganèse des Fourneaux, le plan et le cahier des charges qui y sont annexés;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1[er]. La renonciation faite par MM. Jules Delanoue, Louis Lescure, Elie Labrousse, Duboffrand et Pierre Pastoureau-Labesse ou ses représentans, à la concession des mines de manganèse des Fourneaux, commune de Nontron, département de la Dordogne, accordée par ordonnance royale du 3 février 1830, est acceptée sous toutes réserves des droits des tiers.

Art. 2. Les dénommés à l'article précédent sont déchargés des redevances établies par la loi du 21 avril 1810, et des obligations qui leur étaient imposées par l'ordonnance de concession et par le cahier des charges qui y est annexé.

Ordonnance du 24 mai 1833, portant rejet d'une requête formée contre une décision ministérielle du 10 septembre 1831, relative aux demandes en concession des mines de Peirui *et de la* Taurelle (1).

---

(1) Voyez les observations relatives à cette ordonnance, p. 525

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative;

Mines de lignite de Peirui et de la Taurelle.

Vû les requête et mémoire ampliatifs à nous présentés au nom des sieurs Châteauneuf et compagnie, demeurant à Nans, département du Var; lesdits requête et mémoire enregistrés au secrétariat général de notre conseil d'état, les 10 et 24 décembre 1831, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler une décision de notre ministre du commerce et des travaux publics, du 10 septembre 1831, par laquelle il a été ordonné qu'il serait passé outre à la concession des mines de lignite sises sur le territoire de Peirui et de la Taurelle, département du Var;

Ordonner qu'avant de statuer sur toute demande en concession, il sera prononcé sur les conclusions en nullité des deux actes sous seing-privé, prétendus signés par le sieur Simien père, portant les dates des 10 novembre 1825 et 22 août 1827, et sur celles subsidiaires en dommages-intérêts, prises particulièrement par le sieur Châteauneuf contre le sieur Simien père; le tout par suite du renvoi fait à l'autorité administrative par l'arrêt de la cour royale d'Aix, du 25 juillet 1829; statuer même sur lesdites conclusions, et prononcer en conséquence lesdites nullités, ou subsidiairement lesdits dommages-intérêts;

Et pour le cas où nous croirions l'autorité administrative incompétente pour statuer, attendu qu'au moyen du renvoi fait par la cour royale d'Aix, il y aurait conflit négatif, renvoyer la cause et les parties devant l'autorité que nous jugerions compétente, ordonner qu'il sera sursis à la concession jusqu'à jugement définitif, et condamner aux dépens les parties contestantes;

Vû la requête en défense à nous présentée au nom des sieurs Louis Cachard, François Lerolle et Léon Roux, propriétaires associés pour l'exploitation des mines de Peirui et de la Taurelle, tous trois demeurant à Saint-Zacharie, département du Var, ladite requête enregistrée audit secrétariat général, le 10 juillet 1832, et tendant à ce qu'il nous plaise maintenir la décision attaquée, déclarer que l'autorité administrative n'est pas compétente pour statuer sur la demande en nullité dirigée contre les actes des 10 novembre 1825 et

22 août 1827, déclarer également que le jugement du tribunal de Brignolles, du 8 avril 1829, confirmé par arrêt de la cour royale d'Aix, du 25 juillet suivant, ne fait pas obstacle à ce que cette demande en annulation d'actes privés soit portée devant les tribunaux, ordonner que nonobstant ladite demande et tous autres empêchemens qui pourraient survenir de la part de la compagnie Châteauneuf ou du sieur Simien père, il sera passé outre à la concession des mines de Peirui et de la Taurelle, et enfin condamner la compagnie Châteauneuf aux dépens;

Vu la réplique de la compagnie Chateauneuf, enregistrée le 8 janvier 1833, et par laquelle elle persiste dans ses précédentes conclusions;

Vu la décision attaquée;

Vu les actes sous seing-privé des 10 novembre 1825 et 22 août 1827, ensemble toutes les pièces produites, soit devant notre comité de justice administrative, soit devant notre comité de l'intérieur, à l'appui de la demande en concession;

Vu le jugement du tribunal civil de Brignolles, du 8 avril 1829, et l'arrêt de la cour royale d'Aix, en date du 25 juillet suivant, ensemble les conclusions prises devant lesdits cour et tribunal;

Vu les conclusions prises le 16 janvier 1830, par les sieurs Châteauneuf et compagnie devant le ministre de l'intérieur;

Vu la loi du 21 avril 1810;

Ouï Me. Petit de Gatines, avocat des sieurs Châteauneuf et compagnie;

Ouï Me. Rochelle, avocat des sieurs Cachard et autres;

Ouï M. Boulay, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public.

Sur le pourvoi contre la décision de notre ministre du commerce et des travaux publics, du 10 septembre 1831 :

Considérant qu'aux termes de la loi du 21 avril 1810, il est définitivement statué par nous, en notre conseil d'état, sur les demandes en concession de mines, et que la décision attaquée n'est qu'un acte d'instruction administrative qui ne peut nous être déféré par la voie contentieuse.

Sur la demande en règlement de juges :

Considérant que la cour d'Aix n'a déclaré son incompétence que sur les questions dont l'appréciation appartient à l'autorité administrative, et a réservé tous les droits du propriétaire de la surface ;

Que par la décision attaquée, notre ministre du commerce et des travaux publics s'est abstenu de prononcer sur la question de propriété de ladite surface ;

Que dès lors il n'y a pas conflit négatif, et qu'il n'y a lieu de procéder à un règlement de juges.

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête des sieurs Châteauneuf et compagnie est rejetée.

Art. 2. Les sieurs Châteauneuf et compagnie sont condamnés aux dépens.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'état de la justice, et notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 26 *mai* 1833, *portant que MM.* Édouard et Joseph Bouguéret frères, *maîtres de forges, sont autorisés à maintenir en activité le patouillet qu'ils possèdent sur la rivière d'Ource, dans la commune de* Prusly (Côte-d'Or). Patouillet de Prusly.

Ordonnance du 26 *mai* 1833, *portant que MM.* Ramon frères *sont autorisés à conserver en activité l'usine à fer dite* la Platinerie, *qu'ils possèdent sur le ruisseau de* Magne, *dans la commune de* Douzy, *arrondissement de* Sedan (Ardennes). Platinerie de Douzy.

Cette usine est et demeure composée de deux feux d'affinerie et chaufferie, de deux marteaux à forger et à platiner le fer, de deux souffleries et de quatre roues hydrauliques.

Mines de fer de Rancié.

Ordonnance du 31 mai 1833, portant concession des mines de fer de RANCIÉ, *situées dans le département de l'Ariége.*

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français,

A tous présens et à venir, salut :

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics;

Vû la demande présentée au préfet de l'Ariège, le 27 décembre 1813, par les maires de Vicdessos, Sem, Goulier et Allier, Auzat, Salex, Orus, Suc et Sentenac, Illier et Laramade, agissant au nom de ces communes, ladite demande tendant à ce que ces communes obtiennent, en vertu des art. 51 et 53 de la loi du 21 avril 1810, la concession et la délimitation de leurs exploitations sur les mines de fer de Rancié, dans une étendue de 6 kilomètres carrés, 6 hectares;

Le plan à l'appui;

L'affiche du 7 décembre 1814;

Le certificat de publications et affiches;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines, du 31 décembre 1816;

L'avis du conservateur des forêts, du 17 janvier 1817;

L'arrêté du préfet, en date du 5 mars 1819;

Les observations présentées par ce même magistrat et les diverses pièces y jointes;

L'avis du conseil général des domaines et forêts, du 30 mars 1819;

Les avis du conseil général des mines, des 7 novembre 1816, 3 et 7 juillet 1819 et 15 novembre 1820;

L'avis du comité de l'intérieur du conseil d'état, du 19 septembre 1821, et le projet d'ordonnance y joint;

L'avis du conseil général des mines, du 5 mai 1824;

L'opposition des maires de Siguer, Gestiès et Lercoul, du 15 septembre 1824;

La délibération des conseils municipaux de ces trois communes, en date du 12 septembre 1824;

La réponse des maires des communes de la vallée de Vicdessos, du 8 janvier 1826;

Les rapports des ingénieurs des mines, des 23 juin et 8 juillet 1826;

L'avis du préfet, du 26 octobre 1826;

Les observations présentées par 21 maîtres de forges de l'Ariége, le 18 novembre 1827;

Les rapports des ingénieurs des mines, des 16 juin et 22 juillet 1828;

L'avis du conseil général des mines, du 2 février 1829;

Les rapports de l'ingénieur en chef des mines, des 17 et 31 août 1829;

Les avis du préfet, du 10 octobre 1829;

Le projet de règlement général pour les mines de Rancié, proposé par l'ingénieur en chef des mines, et approuvé par le préfet, le 10 octobre 1829;

La demande formée le 5 octobre 1829, par MM. d'Orgeix, tendant à obtenir la concession des mines de fer de Lercoul;

Le plan et la pièce joints à cette demande;

L'affiche du 30 décembre 1829;

Les certificats de publications et affiches;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 28 juillet 1830, et l'avis de l'ingénieur en chef, du 15 mars 1831;

L'arrêté du préfet, du 5 avril 1831;

L'avis du conseil général des mines, des 12, 19 et 24 décembre 1831;

Le règlement général pour l'exploitation des mines de Rancié, arrêté par notre ministre du commerce et des travaux publics, sur la proposition du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines;

Vu notre ordonnance de ce jour, qui accorde à MM. d'Orgeix une concession de mines de fer dans la commune de Lercoul;

Vu l'arrêté des consuls, du 24 germinal an XI, lequel établit un prélèvement de 5 centimes par quintal de minerai vendu, pour former un fonds spécial destiné à l'entretien des galeries et aux grands travaux qui seraient reconnus utiles par la suite à la conservation de l'exploitation;

Vu les articles 51, 53, et notamment l'article 55 de la loi du 21 avril 1810;

Considérant que les titres présentés par les maires des huit communes composant la vallée de Vicdessos constatent une jouissance exclusive et non interrompue depuis plusieurs siècles, en faveur des habitans desdites communes;

Que les lois des 24 juillet 1791 et 21 avril 1810 n'ont apporté aucun changement à cette jouissance, et qu'il en est résulté seulement pour les communes l'obligation de faire régler les limites de leur concession;

Considérant néanmoins que des règlemens spéciaux sont nécessaires pour déterminer les modes d'exploitation convenables à la jouissance indivise des habitans pour l'avantage réciproque des mineurs et des maîtres de forges, et conformément aux anciens usages et règlemens;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. Les communes de Sem, Goulier, Allier, Auzat, Saleix, Orus, Suc et Sentenac, Illier et Laramade (Ariége) sont déclarées concessionnaires des mines de fer de Rancié (1).

Art. 2. Cette concession comprenant, avec extension

---

(1) *Ordonnance du 25 septembre* 1833.

Louis-Philippe, roi des Français,
A tous présens et à venir, salut.
Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics;
Vu notre ordonnance du 31 mai 1833, qui a déclaré les huit communes composant la vallée de Vicdessos (Ariége), concessionnaires des mines de fer de Rancié;
Le règlement général y annexé;
Considérant que, dans l'article 1er. de ladite ordonnance, la commune de Vicdessos, qui fait partie de ces huit communes, a été, par erreur, omise parmi les titulaires de la concession;
Que celle de Goulier et Olbier, formée de deux villages ainsi dénommés, y a été désignée d'une manière fautive;
Que dans l'article 4 du règlement général se trouvent également plusieurs indications inexactes, en ce qui concerne les noms des diverses communes dont il s'agit;
Notre conseil d'état entendu,
Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. L'article 1er. de l'ordonnance du 31 mai 1833 est et demeurera remplacé par la disposition ci-après.

Les communes de Vicdessos, Sem, Goulier et Olbier, Auzat, Saleix, Orus, Suc et Sentenac, Illier et Laramade (Ariége), sont déclarées concessionnaires des mines de fer de Rancié.

Art. 2. Les noms des huit communes ci-dessus désignées seront rétablis tels qu'ils viennent d'être mentionnés dans le règlement général annexé à l'ordonnance précitée du 31 mai 1833.

sur le territoire de Lercoul, une étendue de 5 kilom. carrés, 48 hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au *levant* et au *midi*, à partir de la croix Saint-Tanogue, point U du plan, par une ligne droite tirée au pic de l'Homme, ou cime de Les-Couil, puis par une ligne brisée se dirigeant vers le *sud* et ensuite vers l'ouest, en suivant jusqu'à la sommité du Calbo, point M' du plan, la crête qui sépare les eaux tombant, d'une part, dans la vallée de Sem, et d'autre part dans la vallée de Siguer;

Au *couchant*, à partir au point M', sommité du Calbo, par une ligne brisée menée vers le *sud*, en suivant jusqu'au pic de Rizoul ou Berquié la crête qui sépare les eaux tombant, d'une part, dans la vallée de Sem, et d'autre part dans la vallée de Goulier;

Au *nord*, à partir du pic de Rizoul, point G du plan, par une ligne brisée suivant la crête des montagnes, et passant au col de Sem au pic dit *le roc del Col*, et à la sommité dite *Castele*, traversant la vallée de Sem, et passant au rocher de Caracon, point D du plan, et remontant la crête dite *la Sarre-Longue* jusqu'au pic d'Anders, point P du plan; de ce dernier point par une ligne brisée marquée P, R, T, U sur le plan, et aboutissant à la croix de Saint-Tanogue, point de départ.

Art. 3. L'exploitation de ces mines continuera d'avoir lieu suivant les usages locaux, conformément au règlement général en date de ce jour, arrêté par notre ministre du commerce et des travaux publics, sur la proposition du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, lequel règlement restera annexé à la présente ordonnance.

Art. 4. Il continuera à être prélevé 5 centimes par charge ou volte de minerai vendu, pour former un fonds spécial destiné à acquitter les frais et les grands travaux de l'exploitation, ainsi que les charges imposées par la présente concession.

Art. 5. Les droits sur le produit des mines, qui, en vertu des articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, doivent être attribués aux propriétaires des terrains du territoire de Lercoul, ajoutés à l'ancien territoire de Raucié, sont fixés à une indemnité annuelle de 2 centimes par hectare, conformément à l'offre qui a été faite à ces pro-

priétaires dans les affiches de la demande en concession des mines de Lercoul.

Art. 6. Les redevances fixe et proportionnelle dues à l'Etat en vertu des articles 33 et suivans de la loi du 21 avril 1810, et les indemnités qui pourraient être dues aux propriétaires du sol, en vertu des articles 43 et 44 de la même loi, pour dégâts et non-jouissance de la surface, seront acquittées sur le fonds spécial énoncé à l'article 4 ci-dessus.

La redevance proportionnelle sera calculée d'après l'excédant des recettes annuelles du fonds spécial sur les dépenses.

Art. 7. La présente ordonnance sera publiée et affichée dans toutes les communes des cantons de Vicdessos et de Tarascon, et insérée dans la feuille d'annonces du département.

Art. 8. Nos ministres secrétaires d'état du commerce et des travaux publics, et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des ordonnances.

Donné au palais de Neuilly, le 31 mai 1833.

Règlement général pour l'exploitation des mines de fer de Rancié (Ariége).

TITRE PREMIER.

De l'administration des mines de Rancié.

Art. 1er. Le préfet du département de l'Ariége est chargé, sous les ordres du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, de l'administration et de la police des mines de Rancié.

Il prend les mesures nécessaires pour que l'exploitation de ces mines réponde aux besoins des consommateurs.

Il taxe le prix du minerai ; il arrête chaque année la liste des mineurs et nomme les jurats.

Il est l'ordonnateur du fonds spécial produit par le droit perçu à la vente du minerai, en vertu de l'arrêté des consuls, du 24 germinal an XI, et il délivre les mandats pour paiement des dépenses faites sur ce fonds, conformément au budget qui est arrêté annuellement par le directeur général.

Les décisions du préfet, sur ces divers objets, sont prises sur l'avis des ingénieurs des mines, et soumises à l'approbation du directeur général.

Art. 2. L'ingénieur en chef des mines du département de l'Ariége, ayant sous ses ordres un ingénieur ordinaire en station à Vicdessos, est chargé de la proposition des travaux à exécuter dans les mines, et de la direction des travaux.

Il adresse les projets annuels au préfet qui les transmet, avec ses observations, au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, lequel prononce après avoir pris, s'il y a lieu, l'avis du conseil général des mines.

TITRE II.

Des travaux des mines de Rancié.

Art. 3. Les travaux qui s'exécutent aux mines de Rancié sont de deux sortes : 1°. les travaux d'exploitation immédiate du minerai ; et 2°. les travaux des galeries d'écoulement ou de communication des ouvrages de recherches, des puits d'aérage et des autres ouvrages d'art.

SECTION PREMIÈRE.

Travaux d'exploitation proprement dits.

Art. 4. Les travaux d'exploitation immédiate du minerai, consistent à abattre le minerai et à l'extraire de la mine, conformément aux anciens usages ; lesdits travaux seront exécutés par des mineurs pris dans les huit communes (Vicdessos, Sem, Goulier et Olbier, Auzat, Saleix, Suc, Orus et Illier) composant l'ancienne vallée de Vicdessos, sous la direction immédiate des jurats pris dans le corps des mines. Ces travaux continueront d'être payés par la vente que fera directement chaque mineur du minerai extrait par lui.

Art. 5. Les travaux d'exploitation se divisent aussi en deux classes : 1°. ceux qui ont lieu sur la couche métallifère, et 2°. ceux qui exploitent des massifs ou blocs de minerai isolés dans les anciens chantiers (ou ateliers d'abattage), ou situés au milieu des débris provenant de l'écoulement de ces chantiers.

§ Ier. *Exploitation sur la couche.*

Art. 6. Lorsqu'il s'agira d'exploiter une partie jusque-là intacte de la couche métallifère de Rancié, l'ingénieur en chef des mines, après avoir reconnu les localités, donnera ses instructions à l'ingénieur ordinaire, lequel dressera un plan d'exploitation. L'ingénieur en chef transmettra ce plan au préfet avec ses observations; le préfet le soumettra avec son avis au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, qui, après avoir entendu le conseil général des mines, arrêtera le plan à suivre.

Art. 7. Conformément à ce plan, l'ingénieur tracera la disposition à donner aux chantiers d'exploitation, et il déterminera le nombre des mineurs à y placer. Les jurats les y placeront, et veilleront exactement à ce qu'ils suivent la direction donnée, ce qui sera de temps à autre vérifié par le conducteur principal des travaux.

Art. 8. Si dans un chantier le minerai venait à changer de direction ou à n'être plus exploitable, et si par suite il fallait changer les dispositions prescrites, il sera donné avis à l'ingénieur en chef, qui indiquera la marche à suivre, en se tenant dans les limites fixées par le plan arrêté. Dans le cas où l'ingénieur en chef croirait nécessaire de dépasser ces limites, il en ferait son rapport au préfet, qui prendrait les ordres du directeur général, ou, en cas d'urgence, statuerait provisoirement.

Art. 9. Pour les portions de la couche métallifère à exploiter entre des excavations déjà existantes, l'ingénieur ordinaire des mines, après avoir pris les instructions de l'ingénieur en chef, dirigera l'exploitation du minerai aussi complétement qu'il sera possible.

§ II. *Exploitation dans les éboulis.*

Art. 10. Les masses et blocs de minerais situés dans les anciens chantiers et au milieu des débris d'éboulemens, seront exploités, conformément aux anciens usages, par les mineurs qui les auront découverts, après que les jurats, ayant, sous la direction de l'ingénieur des mines, visité les lieux, auront reconnu que le minerai est de bonne qualité et que l'exploitation peut être exécutée sans danger et sans porter préjudice aux chantiers voisins.

Art. 11. La brigade (ou le parti) de mineurs qui aura

découvert le chantier, en aura la jouissance; cependant, si ce chantier est susceptible de recevoir un plus grand nombre de mineurs, les jurats y établiront aussi ceux qu'ils jugeront convenable d'y placer et qu'ils ne pourraient occuper convenablement ailleurs.

Art. 12. Les mineurs exploitans de tels chantiers sont tenus de pourvoir à leur entretien, ainsi qu'à l'entretien des communications de ces chantiers avec la grande galerie du service commun. Les jurats veilleront à ce que ces travaux d'entretien soient bien faits, et ils ordonneront à cet effet les réparations et les boisages qu'ils jugeront nécessaires.

Art. 13. Lorsque dans un de ces chantiers les mineurs auront à faire ébouler quelques blocs de minerai ou de roches, ils devront, avant d'y procéder, en prévenir le jurat de service, lequel ne permettra ce travail que lorsqu'il aura reconnu qu'il peut se faire sans compromettre la sûreté des ouvriers et la stabilité des chantiers voisins.

SECTION II.

Travaux accessoires à l'exploitation et ouvrages d'art.

Art. 14. Lorsqu'un ouvrage d'art nécessaire à l'exploitation directe du minerai sera reconnu nécessaire, l'ingénieur ordinaire en rédigera le projet et l'adressera à l'ingénieur en chef, lequel le soumettra au préfet avec ses observations.

Art. 15. Si le travail à exécuter est peu considérable, s'il n'exige pas un percement de plus de dix mètres dans le roc ou dans le minerai, et s'il ne doit pas coûter plus de 500 francs, le préfet pourra en autoriser la mise en exécution; le préfet pourra également autoriser des réparations à une des galeries de service existantes, lorsque la dépense n'excédera pas mille francs.

Il sera donné avis immédiat de ces dépenses au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 16. Pour tout ouvrage dont la dépense excéderait les sommes qui ont été mentionnées à l'article précédent, le préfet adressera le travail des ingénieurs avec ses propres observations, au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, lequel statuera, après avoir pris l'avis du conseil général des mines.

En cas d'urgence, le préfet pourra autoriser à commencer l'ouvrage.

Art. 17. L'ingénieur en chef des mines transmettra la décision du directeur général avec ses instructions à l'ingénieur ordinaire, lequel désignera les ouvriers chargés de l'exécution, dirigera cette exécution et en suivra les détails ou les fera suivre par le conducteur des travaux. L'ingénieur veillera aussi à ce que les registres, contatant l'avancement de l'ouvrage et les dépenses qu'il exige, soient convenablement tenus. Il dressera les bons ou certificats pour le paiement de ces dépenses, de la manière qui lui sera indiquée par l'ingénieur en chef.

Art. 18. Les dépenses seront acquittées sur le fonds spécial des mines de Rancié.

Art. 19. L'ouvrage sera reçu par l'ingénieur en chef des mines; le procès-verbal de réception sera transmis au préfet.

TITRE III.

Du personnel des mines de Rancié.

SECTION Ire.

Du conducteur des travaux.

Art. 20. Un conducteur principal des travaux est placé aux mines de Rancié pour diriger, sous les ordres de l'ingénieur ordinaire des mines, tout ce qui concerne l'exploitation.

Art. 21. Ce conducteur sera nommé par le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, sur la présentation de l'ingénieur en chef des mines et sur l'avis du préfet.

Art. 22. Son traitement sera fixé par le directeur général et payé sur le fonds spécial des mines de Rancié.

Art. 23. Le conducteur principal veillera à la bonne exécution de tous les travaux des mines; il dirigera immédiatement les travaux qui seront payés sur le fonds spécial.

Art. 24. Il tiendra les divers registres relatifs à ces travaux et à leurs dépenses, conformément au mode prescrit par le préfet.

Art. 25. Il lèvera les plans nécessaires au service, et par-

ticulièrement ceux constatant l'avancement annuel des travaux d'exploitation. Il tiendra, sous les ordres de l'ingénieur, le registre de cet avancement, ainsi qu'il est prescrit par le décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines, et notera sur ce registre, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, les circonstances remarquables qui se seront présentées dans l'exploitation, ainsi que des renseignemens sur la nature et sur la richesse des minerais successivement exploités.

Art. 26. Aussitôt que le conducteur principal remarquera dans une partie quelconque des mines quelque apparence de danger, il en rendra compte à l'ingénieur, et il le signalera aux jurats, en leur indiquant ce qu'il croira convenable de faire pour prévenir les accidens.

Il donnera également, sans délai, avis à l'ingénieur de tout accident qui surviendrait dans les mines. En cas d'absence de l'ingénieur, il le remplacera, tant pour la rédaction des procès-verbaux à dresser, que pour les mesures à prendre à l'effet de porter remède à un danger imminent, le tout conformément aux articles 13 et 14 du décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines.

Art. 27. Le conducteur principal dirigera les jurats dans la surveillance qu'ils doivent exercer sur la conduite et la tenue des chantiers d'exploitation.

Art. 28. Il veillera à ce que les jurats fassent exécuter les règlemens, et il rendra compte à l'ingénieur des négligences qu'il aurait remarquées à cet égard.

Art. 29. Dans le cas où les jurats négligeraient de dresser les procès-verbaux des contraventions, le conducteur les dressera lui-même. Il sera à cet effet assermenté devant le tribunal de première instance de l'arrondissement, et sa commission y sera enregistrée.

Art. 30. Le conducteur principal assistera aux séances de réunion des jurats lorsqu'il le jugera convenable, et il aura voix délibérative. Il fera transcrire sur le registre de ses séances les observations qu'il croira nécessaires à la bonne exploitation et à la police des mines. Il y fera aussi transcrire les ordres et les instructions du préfet et de l'ingénieur des mines lorsqu'il en sera chargé.

SECTION II.

Des jurats.

Art. 31. Les jurats ou conducteurs temporaires exercent les fonctions de maîtres mineurs. Il sont chargés de la conduite des travaux d'exploitation proprement dits et de la police immédiate des mineurs.

Art. 32. Les jurats seront au nombre de cinq. Ils seront choisis parmi les mineurs de Rancié qui auront travaillé dans les mines au moins pendant trois années consécutives.

Art. 33. Les jurats seront nommés pour cinq ans et renouvelés par cinquième, un chaque année; le jurat sortant pourra être indéfiniment réélu.

Art. 34. Chaque année, dans le courant de décembre, les maires des huit communes de la vallée, réunis à Vicdessos, sur la convocation du préfet et sous la présidence du maire de Vicdessos, dresseront une liste de trois candidats dont le jurat sortant fera nécessairement partie, et sur laquelle aucun des maires ne pourra être porté. Des observations seront jointes à cette liste, sur la manière dont le jurat sortant aura rempli ses fonctions, et sur les services et les titres des deux autres candidats. La liste, ainsi annotée, sera transmise au préfet par le maire de Vicdessos.

Art. 35. De son côté, l'ingénieur des mines, en station à Rancié, dressera une semblable liste de trois candidats dont le jurat sortant fera aussi partie, et qui renfermera également des observations sur les titres de ce jurat à une réélection et sur les titres de ses concurrens : l'ingénieur transmettra cette liste au préfet.

Art. 36. Le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef des mines, choisira le jurat parmi les trois candidats présentés sur l'une ou l'autre liste ; son arrêté portant nomination, sera soumis à l'approbation du directeur général.

Art. 37. Le jurat nommé prêtera serment devant le tribunal de première instance de l'arrondissement, et il y fera enregistrer sa commission.

Art. 38. Il sera ensuite installé par le maire de Sem,

en présence de l'ingénieur des mines, du conducteur principal, des autres jurats et des mineurs assemblés à cet effet.

Jusqu'à cette installation, le jurat sortant continuera ses fonctions.

Art. 39. Les jurats répartiront les mineurs dans les divers chantiers d'exploitation proportionnellement à l'étendue ou à la richesse de chacun de ces chantiers, et à la connaissance qu'ils ont des individus. Les mineurs d'un même chantier forment une brigade (ou un parti).

Aucun mineur ne pourra changer de chantier sans l'assentiment préalable des jurats.

Art. 40. En conformité des anciens règlemens, les jurats feront entrer aux mines le corps des mineurs (ou l'office), et les en feront sortir, savoir :

Depuis le 1er. mars jusqu'au 1er. novembre, on entrera à huit heures du matin et on sortira à sept heures du soir ;

Depuis le 1er. novembre jusqu'au 1er. mars, on entrera à neuf heures du matin et on sortira à quatre heures du soir.

L'une et l'autre durées de travail dans la mine, pourront être abrégées si la tâche, qui aura été assignée aux mineurs, peut être terminée en moins de temps.

Art. 41. Chaque jour, avant d'ouvrir les portes des mines au corps des mineurs ou à l'office, les jurats, accompagnés d'ouvriers expérimentés et de leur choix, entreront et feront la visite des galeries de service et des chantiers d'exploitation, particulièrement de ceux où l'on soupçonne quelques dangers ; s'ils n'ont rien vu de périlleux, ils feront entrer les mineurs.

Lorsque dans un chantier ils apercevront quelque menace d'éboulement ou autre danger, ils commanderont un certain nombre de mineurs pour y aller faire les réparations convenables, et dans le cas où ils jugeraient que les ouvriers de ce chantier ne peuvent y travailler à l'exploitation du minerai, ils les répartiront provisoirement dans d'autres chantiers.

Si, dans une des mines, le danger menaçait la généralité des chantiers, les jurats congédieraient pour ce jour les mineurs de cette mine, sauf ceux qu'ils auraient

commandés pour les réparations ; mais ils feraient entrer et travailler à l'exploitation du minerai ceux des autres mines.

Art. 42. Les jurats empêcheront qu'aucun mineur ne pénètre dans les mines sans leur ordre, avant que les portes en aient été ouvertes à l'office, ou après que les portes auraient été fermées.

Ils ne permettront pas que les mineurs qu'ils auront fait entrer avant l'office, pour faire des réparations, travaillent à l'exploitation ou à l'extraction du minerai.

Art. 43. Avant que les mineurs entrent, les jurats leur prescriront le nombre de charges (ou voltes) de minerai que chacun d'eux devra extraire dans sa journée, conformément aux ordres qui auront été donnés par le préfet, d'après les besoins du commerce. Ils tiendront la main à ce que le nombre de charges soit réellement extrait, et à ce qu'il ne soit pas dépassé.

La charge (ou volte) demeure fixée à 60 kilogrammes.

Ce poids ne devra pas être excédé.

Art. 44. Les jurats se répartiront dans les diverses mines, selon les besoins du service ; les uns à l'entrée, pour constater le nombre de charges extraites et la qualité du minerai ; les autres dans l'intérieur, pour y faire la police et assurer une bonne exploitation. Ces derniers examineront si les chantiers sont bien conduits et bien tenus ; ils donneront les ordres qu'ils croiront nécessaires pour atteindre ce but, et les mineurs devront exécuter ces ordres avec exactitude. Les jurats examineront aussi si les mineurs travaillent dans les chantiers qu'ils doivent occuper, et non dans d'autres. Ils veilleront à ce que les mineurs ne chargent du minerai que dans leurs propres chantiers, et non sur les passages ou dans les lieux prohibés.

Ils ne permettront pas que les mineurs travaillent isolément ; ils les répartiront par brigades (ou partis) de quatre ou cinq au moins. Dans les localités seulement où il ne se présente évidemment aucun danger, les jurats pourront établir des postes de deux ou trois mineurs.

Art. 45. Les jurats placés à la porte des mines auront soin de ne pas y laisser rentrer ceux des mineurs qui auront extrait le nombre de charges prescrit. Il est expressément défendu aux jurats de laisser entrer dans la mine

aucun enfant au-dessous de dix ans, aucun ouvrier ivre ou en état de maladie, et aucun étranger qui ne serait pas porteur d'une permission de l'ingénieur ou des autorités locales. L'étranger, porteur d'une permission, devra être accompagné de l'un des jurats.

Sont regardés comme étrangers aux mines de Rancié, tous les individus non inscrits sur la dernière liste des mineurs qui aura été arrêtée par le préfet, ainsi que les individus inscrits auxquels le travail dans ces mines aurait été interdit pour un temps plus ou moins long.

Art. 46. Partout où les jurats jugeront convenable de laisser intacts des massifs de minerai, soit comme piliers pour le soutien des voûtes, soit comme soles entre deux étages d'exploitation, ils en référeront à l'ingénieur des mines, ou, en son absence, au conducteur principal, et ordonneront, s'il y a lieu, la conservation de ces piliers et soles; ils les marqueront ostensiblement sur les diverses faces visibles. Ces marques tiendront lieu de défense d'y toucher, indépendamment des défenses verbales qui en seront faites aux mineurs des chantiers voisins.

Art. 47. Les jurats demeurent responsables de toute exploitation ou attaque sur ces piliers et soles réservés. Si, par suite d'une telle exploitation ou attaque, il survenait quelqu'accident qui occasionnât la mort ou la mutilation d'un ou de plusieurs ouvriers, il pourra y avoir lieu à introduire les jurats devant les tribunaux, conformément aux dispositions des articles 319 et 320 du Code pénal. Les jurats seront passibles d'une semblable poursuite pour les accidens qui seraient arrivés à des mineurs travaillant dans des lieux prohibés, à moins qu'ils ne justifient des soins qu'ils auraient pris pour empêcher un tel travail.

Art. 48. Dans le cas où la sûreté des exploitations et l'approvisionnement des consommateurs pourraient être compromis, ou en cas d'accident qui aurait occasionné la mort ou des blessures graves à un ou plusieurs ouvriers, les jurats seront tenus d'en donner connaissance au maire de Sem et au conducteur principal des travaux, lequel en rendra compte aussitôt à l'ingénieur des mines.

Art. 49. Les jurats dresseront des procès-verbaux des contraventions aux règlemens, à l'effet de poursuivre les contrevenans devant le tribunal de police correctionnelle.

Ils les dresseront surtout contre tout mineur qui aurait attaqué une sole ou pilier réservé pour la conservation de la mine, ainsi que contre tout mineur qui, étant exclu, pénétrerait ou chercherait à pénétrer dans la mine, malgré la défense qui lui en aurait été faite.

Ils dresseront de semblables procès-verbaux contre tous ceux qui se permettraient des voies de fait dans les mines.

Art. 50. Ils affirmeront leurs procès-verbaux dans les vingt-quatre heures devant le maire de Sem, en son absence devant l'adjoint.

Ces procès-verbaux seront enregistrés en débet comme ceux des gardes forestiers.

Art. 51. Chaque soir, après le travail des mines, les jurats se réuniront en assemblée au village de Sem. Celui qui ne s'y rendrait pas sera soumis, à moins d'excuse reconnue légitime, à une retenue de 5 francs sur son traitement, laquelle sera double en cas de récidive.

A cette assemblée, ils seront assistés d'un secrétaire nommé par le préfet.

A chaque séance, ils feront le rapport des circonstances qui se seront présentées dans les mines, des dangers, qu'ils auraient observés sur quelques points des chantiers, qu'il conviendrait d'interdire, soit pour cause de dangers soit pour mauvaise qualité de minerai, des piliers ou soles à réserver, des réparations extraordinaires à faire, des contraventions aux règlemens qui auraient été commises, des peines infligées ou à infliger pour ces contraventions ou pour cause d'insubordination, etc. Ils délibéreront sur ces divers objets, et le secrétaire consignera les délibérations prises sur un registre à ce destiné.

Un arrêté du préfet réglera les détails relatifs aux travaux et à la discipline de l'assemblée.

Art. 52. Le secrétaire transcrira aussi, sur le registre des délibérations et dans leur entier, les procès-verbaux dressés par les jurats.

Il assistera les jurats, lorsqu'il en sera requis par eux pour la rédaction de leurs procès-verbaux.

Dès qu'un procès-verbal aura été affirmé, le secrétaire le fera enregistrer et il le transmettra en original au procureur du roi près le tribunal de première instance de l'arrondissement; il en adressera une copie au préfet.

L'enregistrement et les envois des procès-verbaux seront faits à la diligence du secrétaire, qui demeurera responsable de toute négligence à cet égard.

Art. 53. Les jurats feront encore tenir par leur secrétaire le registre servant au contrôle exact et journalier des mineurs, prescrit par le décret du 3 janvier 1813. A cet effet, les jurats prendront chaque jour note des ouvriers qui, étant inscrits sur la liste des mineurs, ne se sont pas rendus aux mines, et ils feront porter leur nom au registre.

Art. 54. Le fonds pour le traitement des jurats continuera à être fait à l'aide :

1°. De un centime et un quart payé, par chaque mineur, pour chaque charge ou volte de minerai (de 60 kilogrammes) qu'il aura extraite;

2°. De un franc payé par tout mineur contre lequel un jurat aura porté une plainte que l'assemblée aura reconnue fondée.

Art. 55. Ces deniers seront remis par les mineurs eux-mêmes, ou par l'intermédiaire des jurats au secrétaire des jurats, qui en demeurera dépositaire. Le secrétaire poursuivra, s'il est nécessaire, la rentrée de ces deniers, soit en requérant l'exclusion des mines des retardataires jusqu'au paiement des sommes dues par eux, soit en les citant devant le juge de paix du canton.

Art. 56. A la fin de chaque mois, chacun des cinq jurats recevra un sixième du montant des sommes ainsi perçues dans le mois; le dernier sixième sera partagé en deux parties égales, dont l'une sera allouée au secrétaire des jurats; la dernière partie sera affectée aux frais et loyer de bureau pour l'assemblée des jurats, et, en cas d'excédant, à des gratifications accordées à la fin de l'année, à ceux des jurats qui auraient mérité, dans l'exercice de leurs fonctions, des témoignages particuliers de satisfaction.

Un arrêté du préfet réglera les détails du mode de perception et de répartition. Les gratifications seront également accordées chaque année par un arrêté du préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines.

Art. 57. Il est défendu aux jurats de prélever, soit en argent, aucune autre rétribution que celles qui sont déterminées dans l'article 54 ci-dessus. Il leur est égale-

ment défendu d'extraire à leur profit aucune charge de minerai.

Art. 58. Il y aura nécessairement lieu à la suspension ou même à la destitution du jurat qui n'exécuterait pas les ordres donnés par l'ingénieur des mines ou par le préfet, pour assurer, soit la continuation de l'extraction des minerais, soit la reprise des travaux suspendus, ou qui négligerait de donner avis au maire de Sem et à l'ingénieur des mines d'une coalition entre les ouvriers, tendant à la suspension des travaux des mines.

Il y aura lieu à destitution pour toute extraction ou perception de minerai ou d'argent faite par un jurat en contravention à l'article 57 ci-dessus.

Pour des cas moins graves, il pourra être fait une retenue sur leur traitement.

Il sera statué à ce sujet par le préfet, sur les plaintes de l'ingénieur des mines ou des autorités locales, et sur l'avis de l'ingénieur en chef des mines.

La décision emportant destitution sera soumise à l'approbation du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 59. La retenue opérée sur le traitement d'un jutra servira à accroître le fonds destiné aux gratifications des jurats qui se seraient distingués.

Art. 60. La suspension des fonctions d'un jurat entraînera la suspension de son traitement. Pendant ce temps, il ne pourra paraître aux mines, et il sera suppléé par un des anciens jurats désigné à cet effet par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur des mines.

Art. 61. Le jurat qui aurait été destitué ne pourra être admis à travailler dans les mines qu'un an après sa destitution; il sera remplacé par un jurat de la même commune, nommé conformément à ce que prescrivent les articles 34, 35 et 36 ci-dessus.

Section III.

Des mineurs.

Art. 62. Les mineurs de Rancié seront pris dans les huit communes composant l'ancienne vallée de Vicdessos. Le nombre en sera déterminé d'après les besoins de l'ex-

ploitation, par le préfet du département de l'Ariége, sur le rapport de l'ingénieur en chef des mines, et sauf l'approbation du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines. L'admission aux travaux des mines aura lieu sur les demandes adressées au préfet, lequel statuera sur l'avis des ingénieurs des mines, et après que les maires réunis, comme il est dit à l'article 34, auront été entendus.

Art. 63. Chaque année le préfet, conformément au mode qui aura été ainsi déterminé, nommera, sur la proposition de l'ingénieur des mines, les individus qu'il croira devoir être ajoutés à la liste des mineurs de l'année précédente. Par suite de cette nomination, lesdits individus auront la qualité de mineurs de Rancié. La liste sera imprimée et servira au contrôle journalier des mineurs, mentionné en l'article 53.

Art. 64. Ainsi qu'il est dit en l'article 4, les mineurs continueront à se payer eux-mêmes de leur travail par la vente des charges ou voltes de minerai qu'il leur sera prescrit d'extraire. Ils porteront ces charges, immédiatement après leur exploitation, sur la place située à la sortie de la mine, et ils les vendront aux muletiers acheteurs, de la manière et au taux qui seront indiqués ciaprès.

Art. 65. Sur ce prix, les mineurs seront tenus, nonseulement de se fournir de tous les outils et autres objets nécessaires à leur travail, et d'entretenir leurs chantiers, mais encore de faire toutes les réparations qui se rapportent à l'exploitation du minerai, et tous les travaux extraordinaires, dits corvées, qui leur seront commandés à cet effet par les jurats; ainsi ils devront aller aux forêts couper, préparer et transporter les bois nécessaires aux étançonnemens, déblayer les passages qui auraient été encombrés par les éboulemens, etc., etc.

Art. 66. Tout mineur auquel un jurat ordonnera de sortir des mines, devra obtempérer sur-le-champ à cet ordre, et ne pas rentrer de la journée. Il en sera de même si l'ordre de sortir est donné par le conducteur principal des travaux ou par l'ingénieur des mines, lesquels pourront porter à une durée de deux jours la défense de rentrer dans les mines.

Art. 67. L'assemblée des jurats pourra, sur la réqui-

sition de l'un d'entre eux, ou du conducteur principal, ou du maire de Sem, ou de l'ingénieur des mines, exclure un mineur du travail des mines pour un temps qui, suivant la gravité des cas, variera de deux jours à un mois, et qui sera double en cas de récidive. Lorsque l'exclusion excédera huit jours, le préfet devra en être informé, et lorsqu'elle sera d'un mois ou plus, la décision des jurats sera soumise à son approbation.

Un arrêté du préfet déterminera les rapports à établir entre la gravité des fautes et le temps de l'exclusion.

Art. 68. Pour les fautes plus graves, le préfet, sur les rapports des jurats et de l'ingénieur des mines, pourra prononcer l'exclusion du mineur pour un temps variable de deux mois à deux ans, ou même sa radiation de la liste des mineurs. Lorsque la durée de l'exclusion excédera un an, la décision devra être soumise à l'approbation du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 69. Toute coalition ou intelligence entre les mineurs pour un refus d'obéissance aux ordres des jurats, sera passible de l'exclusion des mines, sans préjudice de l'application des dispositions de l'art. 415 du Code pénal, relatives aux ouvriers coalisés.

Art. 70. Tout mineur exclu du travail des mines sera regardé comme étranger aux mines de Rancié, pendant la durée de l'exclusion. Les jurats de service à l'entrée des mines seront responsables de l'exécution des exclusions prononcées; si, malgré leur défense, un mineur exclu voulait pénétrer ou pénétrait dans la mine, les jurats de service dresseront un procès-verbal pour faire poursuivre les contrevenans devant les tribunaux, en exécution des art. 29 et 31 du décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines.

TITRE IV.

De la vente du minerai.

SECTION Ire.

Qualité du minerai.

Art. 71. Tout le minerai que l'on rencontrera en sui-

vant l'exploitation telle qu'elle doit être conduite, conformément aux règles posées par les art. 3 à 15 ci-dessus, sera extrait et vendu à sa sortie des mines, à moins qu'il ne soit reconnu trop pauvre, ou de mauvaise qualité.

Art. 72. Le degré de richesse ou de contenance en fer, au-dessous duquel le minerai étant reconnu trop pauvre pour être livré au commerce, ne devra plus être extrait, sera fixé chaque année par le directeur général. La proposition sera faite par l'ingénieur des mines, sur l'avis de l'assemblée des jurats ; elle sera transmise au préfet, qui demandera à plusieurs maîtres de forges du département, leurs observations sur cette proposition, renverra le tout au rapport de l'ingénieur en chef, et émettra sur ce rapport son opinion. Le tout sera transmis par le préfet au directeur général, qui statuera après avoir pris l'avis du conseil général des mines.

Art. 73. Lorsque dans le cours de l'exploitation il se présentera un minerai d'une teneur douteuse, l'ingénieur des mines soumettra ce minerai à des essais docimastiques, et selon que la quantité de fer qu'il aura rendue sera au-dessus ou au-dessous du taux fixé conformément à l'article précédent, il fera exploiter ou abandonner le minerai nouveau. L'ingénieur rendra compte de cette circonstance à l'ingénieur en chef et au préfet du département.

Art. 74. Si l'on rencontre du minerai qui soit soupçonné de n'être pas d'une qualité satisfaisante, l'ingénieur des mines, après en avoir référé à l'ingénieur en chef et reçu ses instructions, fera exploiter ou abandonner ce minerai. Dans le cas de l'exploitation, si la qualité du fer produit par le minerai excite des plaintes, le préfet décidera après l'examen, et sur le rapport de l'ingénieur en chef des mines. Les réclamations qui pourraient s'élever contre la décision du préfet, seront transmises au directeur général, qui statuera après avoir fait faire les essais convenables au laboratoire de l'école royale des mines, et sur l'avis du conseil général.

Art. 75. Les jurats veilleront à ce que les mineurs n'exploitent point de minerai de richesse et de qualité inférieure à ce qui aura été réglé, conformément aux articles précédens. Ils veilleront surtout à ce qu'on ne

mêle au minerai aucune espèce de terre ou roche stérile.

Le jurat de service devra inspecter les charges de minerai à la sortie des mines, et lorsque l'inspection aura fait reconnaître que le minerai est mélangé de matières étrangères, il en fera le départ ; les terres et pierres seront jetées à l'écart, et le minerai reçu vendu au profit du fonds spécial. Le mineur, convaincu de fraude à ce sujet, pourra être exclu des mines, conformément aux dispositions de l'art. 69.

SECTION II.

Prix du minerai.

Art. 76. Le préfet continuera à fixer chaque année le prix auquel le minerai devra être vendu, d'après le prix des denrées servant à la substance des mineurs et le prix du fer sur les forges du pays.

A cet effet, le préfet désignera quatre mineurs et quatre maîtres de forges qui, réunis à l'ingénieur des mines, débattront le prix et feront une proposition sur laquelle le préfet décidera après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef des mines. La décision sera transmise à l'approbation du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines; elle sera ensuite affichée sur les places des mines, et copie en sera adressée à chacune des forges du département.

Art. 77. Le prix sera déterminé en centimes par charge ou volte de minerai de 60 kilogrammes, conformément aux anciens usages. Des balances à fléaux seront établies sur les marchés aux minerais pour peser les charges en cas de contestation. Les poids étalonnés et vérifiés seront en fonte et marqueront directement la charge, la demi-charge, et quart de charge et demi-quart de charge.

Art. 78. Pour conserver l'uniformité dans les ventes et achats entre les muletiers qui achètent les minerais sur la place des mines, les entreposeurs de minerais et les maîtres de forges qui achètent de deuxième ou de troisième main, la pesée des minerais de Rancié continuera à être faite dans chaque magasin ou dans chacune des forges qui s'approvisionnent aux mines de Rancié, avec des balances et des poids semblables à ceux qui sont mentionnés dans l'article précédent.

Le préfet prendra les dispositions nécessaires pour que cette uniformité soit maintenue et constatée.

Art. 79. Les jurats de service, à l'entrée des mines, veilleront à ce que les mineurs ne vendent pas le minerai au-dessus du prix fixé, et à ce que les acheteurs le paient à ce prix et en argent comptant.

Art. 80. En cas de refus de la part des mineurs d'extraire du minerai au prix qui aura été fixé, et de coalition entre eux par suite de cette fixation, pour ne pas se rendre aux mines, les mineurs qui, étant sommés nominativement par les jurats de se rendre aux mines, n'obéiraient pas, seront privés du travail des mines, ainsi qu'il est dit à l'art. 69 ci-dessus.

Dans ces circonstances, les jurats qui négligeraient de remplir leur devoir, pourront être suspendus ou destitués, conformément à ce que prescrit l'art. 58 ci-dessus, sans préjudice des peines qui pourraient leur être infligées à ce sujet par les tribunaux.

Section III.

Du marché aux minerais.

Art. 81. Il y aura, devant l'entrée de chaque mine, un emplacement dont l'étendue et les limites seront déterminées par un arrêté du préfet, et sur lequel sera porté et vendu tout le minerai extrait de cette mine.

Autour de cet emplacement, il pourra être permis aux mineurs travaillant à la mine, mais seulement à eux, de construire de petites baraques pour y renfermer leurs outils, ainsi que le minerai qu'ils auraient extrait et qu'ils n'auraient pas trouvé à vendre dans la journée.

Art. 82. L'ensemble de la place et des baraques constituera la place du marché aux minerais de la mine, à l'entrée de laquelle le tout sera situé. Cet ensemble fera partie de ladite mine, et sera en conséquence placé sous la juridiction des jurats, en même temps que sous celle du maire de Sem.

Art. 83. Lorsqu'un mineur voudra construire une baraque, il en fera la demande aux jurats qui lui assigneront l'emplacement de sa construction, ainsi que la grandeur et la forme à donner à la baraque, conformément

au plan général qui aura été arrêté à ce sujet par le préfet.

Art. 84. Les jurats se feront ouvrir ou ouvriront eux-mêmes les baraques lorsqu'ils le jugeront convenable, pour reconnaître s'il ne s'y commet point de fraude par le mélange de pierres ou de terre avec le minerai.

S'ils trouvent de tels mélanges, ils procéderont comme il est dit à l'art. 75.

Art. 85. Les acheteurs de minerai (muletiers ou âniers) entreront au marché et en sortiront par les seules voies à ce destinées; aucun ne pourra y entrer s'il ne conduit avec lui la bête de somme qui doit immédiatement faire le transport du minerai acheté.

Art. 86. Les muletiers acheteurs seront servis à leur tour d'arrivée, et sans préférence quelconque; ils prendront les charges de minerai au fur et à mesure de leur sortie de la mine et telles qu'elles seront.

En cas de contestation entre les muletiers pour une même charge, ou entre les mineurs et les muletiers, le jurat de service, après avoir entendu les parties intéressées, décidera quel est le muletier qui doit prendre une charge contestée, ou quel est le mineur qui doit livrer sa charge au muletier qui se présente; le muletier ou le mineur qui refuserait de se soumettre à la décision du jurat, sera renvoyé de la place du marché et tenu d'en sortir sur-le-champ.

Art. 87. Tant qu'il y aura sur la place des bêtes de somme à charger, aucun mineur ne pourra emporter sa charge dans sa baraque et refuser de la vendre en prétextant qu'elle est déjà vendue ou même qu'il veut la transporter sur ses propres bêtes de somme.

Art. 88. Lorsqu'il n'y aura plus de minerai sur la place, le jurat de service fera prendre, dans celle des baraques qu'il désignera, la quantité de minerai nécessaire pour la charge d'une bête de somme qui se présenterait, de telle manière qu'un muletier ne s'en retourne jamais à vide, à moins d'un manque absolu de minerai.

Art. 89. Les jurats maintiendront le bon ordre sur la place du marché; à cet effet, ils en excluront pour un ou plusieurs jours, suivant la gravité des cas, les

mineurs ou muletiers qui contreviendraient aux règlemens.

Ils dresseront des procès-verbaux contre les mineurs et les muletiers qui se permettraient envers eux des outrages ou des menaces, ainsi que contre ceux qui se permettraient des voies de fait, qui exciteraient des rixes sur la place, ou qui s'y présenteraient malgré la défense qui leur en aurait été faite.

Ces procès-verbaux seront transmis au procureur du roi, ainsi qu'il est dit à l'art. 52 ci-dessus.

TITRE V.

Du fonds spécial des mines de Rancié.

Art. 90. Le fonds spécial des mines de Rancié, formé en exécution de l'arrêté du gouvernement du 24 germinal an XI, par le produit du droit de 5 centimes pour charge de minerai de Rancié (de 60 kilogrammes), continuera d'être alimenté par la perception de ce droit de 5 centimes payé par les acheteurs desdits minerais.

Art. 91. Le produit de cette recette continuera d'être versé dans la caisse du receveur général du département qui en sera dépositaire. Le receveur général demeurera responsable de toute distraction de ce fonds et de tout paiement qui ne serait pas fait en vertu d'un crédit ouvert par le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 92. Le fonds spécial des mines de Rancié continuera à demeurer affecté :

1°. Aux travaux d'art, galeries de diverses espèces, recherches, etc., nécessaires à la conservation et à la bonne exploitation des mines ;

2°. A l'entretien des galeries de service ;

3°. Aux secours à donner aux mineurs blessés ;

4°. Au traitement du conducteur principal des travaux ;

5°. A diverses dépenses pour l'administration des mines de Rancié, telles qu'achat de registres, frais d'impression, frais de levées de plans, frais de laboratoire, etc., etc.

Art. 93. Au commencement de chaque année, l'ingénieur en chef des mines dressera un projet de budget,

présentant, pour chacun des articles ci-dessus, les dépenses qu'il présumera devoir être faites dans l'année. Il transmettra ce projet au préfet du département, lequel l'enverra avec ses observations au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, pour être arrêté définitivement.

Art. 94. Les paiemens seront effectués à l'aide de bons tirés sur le fermier ou receveur du droit de 5 centimes par charge de minerai.

Un arrêté du préfet, approuvé par le directeur général, statuera sur la forme de ces bons, sur la manière dont ils doivent être délivrés, et sur les certificats qui doivent les accompagner.

Art. 95. A la fin de chaque trimestre, le fermier ou receveur du droit sur le minerai, réunira les bons acquittés par lui et relatifs à chacun des chapitres de dépenses; il dressera un bordereau pour chaque chapitre, de la manière qui lui sera prescrite, et il l'enverra au préfet avec les bons et les certificats y relatifs. Le préfet communiquera le tout à l'ingénieur en chef des mines qui vérifiera les bordereaux, ainsi que celles des pièces y annexées qui auraient été délivrées ou certifiées par l'ingénieur ordinaire des mines.

Sur ces bordereaux ainsi vérifiés, puis visés par le préfet, et en échange des bons annexés à chacun d'eux, le préfet délivrera au fermier ou receveur un mandat sur le receveur général du département, de la somme portée au bordereau.

Ces mandats, accompagnés de leurs bordereaux respectifs, seront pris pour comptant par le receveur général, et ils lui seront passés comme tels par le ministre dans son règlement des comptes de l'année pour le fonds spécial des mines de Rancié.

Art. 96. Au commencement de chaque année, un double des divers bordereaux de l'année précédente, ensemble les bons et autres pièces à l'appui, ainsi que l'état de situation des dépenses et crédits dressés par l'ingénieur en chef, sera transmis par le préfet au directeur général pour le budget de l'année, et la situation du fonds spécial des mines de Rancié être arrêtés définitivement.

TITRE VI.

Dispositions générales.

Art. 97. Les contraventions au présent règlement seront poursuivies conformément aux dispositions du titre X de la loi du 21 avril 1810 sur les mines, et du décret du 3 janvier 1813.

Proposé par le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines.

Paris, 29 mai 1833.

Signé LEGRAND.

Approuvé,

Paris, le 31 mai 1833.

Le ministre-secrétaire d'état au département du commerce et des travaux publics,

Signé A. THIERS.

Ordonnance du 31 *mai* 1833, *portant concession des mines de fer situées dans la commune de* LERCOUL (Ariège).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait à MM. François d'Orgeix et Alexandre d'Orgeix frères, concession des mines de fer situées dans la commune de Lercoul, canton de Vicdessos, département de l'Ariège.

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 5 kilomètres carrés 14 hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au *nord*, par une ligne courbe partant de la croix de Saint-Tanogue, passant par la crête du rocher de la Bouische, et se terminant à la rivière de Siguer, au point marqué G sur le plan;

A l'*est*, par ladite rivière, jusqu'au point où cette rivière est coupée par le prolongement d'une ligne droite menée de la métairie de Luth au pic de Tourel ;

Au *sud*, par ladite ligne droite;

A l'*ouest*, par deux lignes droites; la première allant du pic de Tourel au col de Grail ou de Rat, et la seconde de ce dernier point au pic de l'Homme;

Au *nord-ouest*, par une ligne droite tirée du pic de l'Homme à la croix de Saint-Tanogue, point de départ.

Art. 7. Tant que les usines, qui se sont approvisionnées jusqu'à présent en minerai de fer dans la concession de Lercoul, seront en activité, les concessionnaires ne pourront livrer de minerai au commerce avant d'avoir fourni à ces usines les quantités de minerai qui seront nécessaires à leur exploitation, au prix qui sera réglé par l'administration, conformément à l'art. 70 de la loi du 21 avril 1810. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges relativement à leur approvisionnement en minerai, il sera statué par le préfet d'une manière analogue à ce qui est prescrit par l'art. 64 de la même loi.

Art. 8. Conformément à l'engagement qu'ils ont pris dans leur demande qui a été publiée et affichée, les concessionnaires n'emploîront, pour ouvriers dans les mines (les chefs exceptés), que des habitans des communes de Siguer, Gestiès et Lercoul, à moins toutefois que ces habitans refusent d'y prendre part ou d'y travailler à un prix déterminé ainsi qu'il suit : le prix du travail des mineurs sera réglé de gré à gré, ou, en cas de contestation, à dire d'experts, d'une manière analogue à ce qui est prescrit pour les minières par l'art. 65 de la loi du 21 avril 1810.

Usine à fer de Villeneuve.

Ordonnance du 31 *mai* 1833, *portant que MM.* J.-B. *et* A. Noel *frères sont autorisés* : 1°. *à conserver et tenir en activité, l'usine à fer qu'ils possèdent sur la rivière de l'Ignon, dans la commune de* Villecomte, *arrondissement de Dijon, département de la Côte-d'Or, laquelle est composée d'un haut-fourneau, d'une forge renfermant deux feux d'affinerie, d'un patouillet et d'un bocard;* 2°. *à ajouter à cette usine un haut-fourneau et un martinet.*

MM. Noël demeureront tenus de laisser en chômage les feux de la forge, toutes les fois que les hauts-fourneaux de leur usine, seront mis ensemble en activité.

Ordonnance du 9 juin 1833, portant que M. Garnier de Silly *est autorisé à conserver en activité dans un nouvel emplacement, le patouillet qu'il possède dans la commune de Brion, sur la rivière d'Ource* (Côte-d'Or).

Ordonnance du 11 juin 1833, portant rejet d'une requête formée contre les arrêtés relatifs à l'établissement d'une machine à vapeur à Saint-Étienne (1).

Louis-Philippe, etc.,

Vu les requêtes sommaire et ampliative à nous présentées au nom des sieurs Hyppolite Royet, Benoît Descours, Berthollet aîné, Antoine Dumarest et Peyret Gerin, négocians à Saint-Etienne (Loire), agissant tant en leur nom que comme se prétendant délégués des propriétaires et fabricans de rubans de ladite ville, pour lesquels ils se portent forts; lesdites requêtes enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'état, les 27 octobre 1831 et 23 janvier 1832, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 15 juillet 1831, confirmatif d'un arrêté du sous-préfet de Saint-Étienne, en date du 30 mai précédent, qui accorde aux sieurs Fonthieure, Bonnaud aîné, Albert et compagnie, négocians à Rive-de-Gier, l'autorisation d'établir dans la ville de Saint-Etienne, dans un lieu et sous certaines conditions déterminés, une machine à vapeur à basse pression; ce faisant, renvoyer les sieurs Fonthieure et consorts à se pourvoir, ainsi qu'ils aviseront, et subsidiairement réformer ledit arrêté du 15 juillet 1831, en ce qu'il a maintenu l'autorisation dont il s'agit, déclarer qu'il n'y a pas

---

(1) Voyez ci-dessus, page 527, les observations relatives à cette affaire.

lieu de l'accorder, et condamner les sieurs Fonthieure et consorts aux dépens ;

Vu l'arrêté attaqué, ensemble celui sus-relaté du sous-préfet de Saint-Etienne, en date du 30 mai 1831 ;

Vu les mémoires en défense, au nom des sieurs Fonthieure et consorts, lesdits mémoires enregistrés audit secrétariat général, les 22 mai et 4 août 1832, et tendant au maintien de l'arrêté attaqué ;

Vu la lettre de notre ministre du commerce et des travaux publics à notre garde des sceaux, en réponse à la communication qui lui a été donnée des requêtes et mémoires sus-visés, ladite lettre en date du 10 septembre 1832, et dans laquelle notredit ministre estime qu'il y a lieu de rejeter le pourvoi ;

Vu l'avis de la commission des machines à vapeur, en date du 30 juillet 1832, et celui du conseil général des mines, en date du 13 août même année ;

Vu toutes les pièces produites ;

Vu le décret du 15 octobre 1810, l'ordonnance du 14 janvier 1815, celle du 29 octobre 1823, et celle du 25 mars 1830 ;

Ouï Me. Crémieux, avocat des demandeurs ;

Ouï Me. Jouhaud, avocat des défendeurs ;

Ouï M. Boulay (de la Meurthe), maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public ;

Considérant que l'ordonnance sus-visée, du 25 mars 1830, a rangé les chaudières à basse pression, sous le rapport de l'autorisation dont elles doivent être l'objet, dans la troisième classe des ateliers insalubres, incommodes ou dangereux, sans distinguer celles qui brûlent de celles qui ne brûlent pas leur fumée ; que dès lors, aux termes des décret et ordonnance des 15 octobre 1810 et 14 janvier 1815, le sous-préfet de Saint-Etienne avait qualité pour autoriser l'établissement de celle dont il s'agit ;

Considérant qu'il résulte de l'instruction, et notamment des avis sus-visés de la commission des machines à vapeur et du conseil général des mines, que les mesures de précaution prescrites par l'arrêté du 30 mai 1831, présentent, pour les intérêts des requérans, des garanties suffisantes ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Le pourvoi sus-visé des sieurs Royet, Benoît Descours et consorts est rejeté.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'état de la justice, et notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 21 juin 1833 portant que M. de RAINCOURT *est autorisé à établir un lavoir à cheval pour le lavage du minerai de fer sur un terrain qui lui appartient au lieu dit le pré* GRAMAIRE, *commune de Neuvelle-lès-la-Charité, arrondissement de Vesoul* (Haute-Saône).

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, du 25 octobre 1833, — MM. Allou, Chéron, Roussel-Galle, Delsériès, Dufrénoy, Levallois et Elie de Beaumont, ingénieurs ordinaires de 1re. classe, sont nommés ingénieurs en chef de 2e. classe, au corps royal des mines.

Par ordonnance du roi, du 25 octobre 1833, — MM. Malinvaud, de Hennezel, Vergnette de Lamotte, de Boureuille et Baudin, aspirans ingénieurs au corps royal des mines, sont élevés au grade d'ingénieur ordinaire de 2e. classe.

Par arrêté de M. le ministre du commerce et des travaux publics, du 25 octobre 1833, — MM. Guenyveau, Migneron, Furgaud, Voltz et Garnier, ingénieurs en chef de 2e. classe au corps royal des mines, sont élevés à la 1re. classe.

Par arrêté de M. le ministre du commerce et des travaux publics, du 25 octobre 1833, — MM. Marrot, Lorieux, Blavier et Fénéon, ingénieurs ordinaires de 2e. classe au même corps, sont élevés également à la 1re. classe de leur grade.

Par arrêté de M. le ministre du commerce et des travaux publics, du 25 octobre 1833, — MM. de Sénarmont, Gruner, Harlé, Foy et Senez, élèves des mines de 1re. classe, sont élevés au grade d'aspirant.

ÉLÈVES ADMIS A L'ÉCOLE DES MINES, le 15 octobre 1833 : — MM. Sauvage, Declerck, Bertrand de Boucheporn, Ebelmen.

CIRCULAIRES.

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 22 août 1833.

Appareils à vapeur.

Monsieur le préfet, l'administration des ponts-et-chaussées et des mines, secondée par les soins de MM. les préfets et le zèle de MM. les ingénieurs, s'est attachée à organiser dans chaque département, une surveillance active pour les appareils à vapeur; mais cette partie du service est encore récente, et il est important de réaliser les nouvelles améliorations qu'il est possible d'y apporter.

Il est utile et intéressant à la fois d'avoir annuellement un dénombrement exact et détaillé de toutes les machines et de tous les appareils de cette espèce existans dans les diverses localités. Indépendamment de la facilité que donneraient ces tableaux pour les inspections à exercer, on pourrait en tirer des inductions curieuses sur le mouvement de l'industrie en général; car le nombre des appareils qu'elle emploie est un indice certain de son activité. On y verrait surtout quelle est l'étendue que ce genre de puissance mécanique acquiert en France, les ressources qu'il offre aux arts, les développemens qui ont été réalisés et ceux que l'on peut espérer pour l'avenir.

Il n'est pas moins important de connaître le nombre des épreuves qui ont été faites annuellement et les résultats généraux de la surveillance qui a été exercée par MM. les ingénieurs.

Ces indications me parvenant de tous les départemens avec les observations auxquelles les diverses circonstances du service auraient donné lieu, seraient des élémens fort utiles pour les nouvelles instructions que l'état des choses réclamerait encore.

Déjà, par mes circulaires des 1er. mars et 25 avril derniers, j'ai demandé que des détails plus circonstanciés, en ce qui concerne les machines à vapeur, fussent portés

sur les états relatifs aux mines et aux usines à fer et autres.

Mais pour parvenir au double but indiqué plus haut, il convient d'étendre ces renseignemens à tous les établissemens industriels dans lesquels on fait usage de la vapeur, et d'en faire l'objet de relevés spéciaux.

Je désire donc, Monsieur le préfet, 1°. qu'à la fin de chaque exercice, et indépendamment des procès-verbaux de visite et des rapports qui vous auront été transmis pendant le cours de l'année, vous vous fassiez rendre un compte général et sommaire, par MM. les ingénieurs, de la surveillance exercée à l'égard de tous les appareils à vapeur de votre département; 2°. que ces ingénieurs vous transmettent aux mêmes époques un état qui fasse connaître avec précision et détail, le nombre, le système, la force de ces machines (1), leur usage, la date de leur autorisation et de leur mise en activité, la nature des établissemens où elles sont situées, les lieux où elles ont été fabriquées. Lorsqu'il existera dans le département des ateliers de fabrication, ils en feront mention sur un second état, et ils indiqueront les épreuves auxquelles les appareils à haute pression auront été soumis dans ces ateliers, conformément aux ordonnances. Enfin, si ces épreuves n'avaient été faites que sur le lieu même de l'exploitation, ils le signaleront également.

Vous m'adresserez ces tableaux vers le 15 janvier de chaque année, avec les rapports dont ils seront accompagnés, et je vous serai obligé d'y joindre vos observations et toutes les propositions que vous jugeriez utiles.

Je vous prie d'organiser, dès à présent, l'ensemble de ce travail, et de donner à cet effet à MM. les ingénieurs les instructions nécessaires, en leur recommandant de recueillir sur tous ces points les détails les plus complets.

L'état n°. 1 ci-joint est destiné à présenter tout ce qui se rapporte à la surveillance des appareils à vapeur de toute espèce.

On inscrira sur l'état n°. 2, également ci-joint, ce qui est relatif aux épreuves.

(1) L'unité qui sert à évaluer cette force est celle d'un cheval qui, pendant la durée de son travail, produit constamment un effort égal à celui qu'il faudrait pour élever un poids de 75 kilogrammes à un mètre de hauteur, pendant une seconde de temps.

Le premier de ces tableaux contient une colonne pour des observations générales ; MM. les ingénieurs y consigneront principalement les résultats des visites qu'ils auront faites pendant l'année.

Je n'ai pas besoin de rappeler que ces visites doivent avoir lieu fréquemment, ainsi que le portent les instructions, et que MM. les ingénieurs doivent s'assurer que les dispositions prescrites par les ordonnances sont ponctuellement exécutées, et vous proposer les mesures qu'ils jugeraient convenable de prendre, tant sous le rapport du local des chaudières qu'en ce qui est relatif aux appareils en eux-mêmes, et à leur régularisation s'ils étaient établis sans permission. Je ferai remarquer à ce sujet que les machines et appareils à vapeur qui viennent de l'étranger doivent, comme ceux qui sont fabriqués en France, être autorisés pour être mis en activité, et qu'ils sont assujettis aux mêmes conditions que ces derniers.

M. le ministre du commerce et des travaux publics désire avoir des relevés semblables à ceux dont je viens de parler, pour les années écoulées depuis 1825, époque où le service a commencé à prendre une marche régulière, jusqu'à la fin de 1832. Je pense que MM. les ingénieurs trouveront dans leurs bureaux des notes suffisantes pour rédiger ces derniers relevés, et je vous prie de les inviter à s'en occuper et à vous les transmettre avant le 1er. octobre. Ils y mentionneront, année par année, les machines qui ont été établies, en y joignant tous ceux des détails ci-dessus mentionnés qu'ils auront pu se procurer. Ils seront sans doute à même de donner la statistique complète de 1832. Je vous prierai de m'adresser leur travail, avec vos observations particulières, pour le 1er. novembre au plus tard.

En ce qui concerne les bateaux à vapeur, cet objet n'est pas moins important, et il exigera un travail analogue ; mais il m'a paru qu'il devait être traité à part, et j'aurai l'honneur de vous en entretenir prochainement.

Je ne terminerai point cette lettre sans vous prier, Monsieur le préfet, de tenir très-sévèrement la main à l'exécution des mesures de précaution dont trop souvent les chefs d'ateliers cherchent imprudemment à s'affranchir. Il faut recourir, au besoin, aux mesures coërciti-

ves : il s'agit de la sûreté publique, et c'est ici surtout qu'il est indispensable d'exercer une surveillance de tous les instans.

L'exercice de cette surveillance n'appartient pas moins aux autorités chargées de la police locale qu'à MM. les ingénieurs. Elles doivent seconder constamment les efforts de ces derniers, ou même les suppléer pendant les intervalles de leurs visites. Il convient de le leur rappeler et de veiller à ce qu'elles vous rendent toujours un compte exact de leurs opérations.

Je vous serai obligé de m'accuser réception de la présente, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines et à MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Compte à rendre des travaux métallurgiques, minéralogiques et géologiques des ingénieurs.

Paris, le 31 août 1833.

Monsieur, la loi du 23 avril dernier porte, article 5 : « Il sera publié annuellement un compte-rendu des travaux métallurgiques, minéralogiques et géologiques que » les ingénieurs des mines auront exécutés, dirigés ou » surveillés; à l'ouverture de chaque session, ces comptes » seront distribués aux membres des deux chambres. »

Ainsi que je l'ai expliqué, lorsque la proposition a été faite à la chambre des députés, l'administration ne l'avait point attendue pour s'occuper de cet objet. Son attention était particulièrement fixée sur la nécessité d'une publication de cette nature, et déjà elle avait pris des mesures en conséquence. Les documens qu'elle a demandés aux ingénieurs se rattachent naturellement au travail qu'elle prépare, et ils doivent en être les élémens.

Ces documens concernent surtout la statistique : ils peuvent à eux seuls former un grand et important travail, qui sera d'un véritable intérêt : mais on ne doit point se dissimuler qu'il se passera encore beaucoup de temps avant que l'on soit en mesure de produire le résultat complet et coordonné de tous les renseignemens demandés à MM. les ingénieurs, et qu'ils réunissent en ce moment.

D'un autre côté, il faut nous préparer, dès aujourd'hui, à satisfaire aux prescriptions de la loi, par la production du compte qui doit être mis sous les yeux des chambres, lors de la première session. Il convient de s'en occuper sans aucun retard, abstraction faite du grand travail statistique, auquel nous attachons, avec raison, beaucoup de prix, mais dont la rédaction immédiate n'est pas aussi impérieuse.

Les travaux de MM. les ingénieurs sont connus; et l'administration, témoin de leurs efforts et de leur zèle, peut mettre en lumière l'utilité de leurs services. Néanmoins, dans la circonstance qui se présente pour la première fois, il m'a paru qu'on ne pouvait mieux faire que de demander à chacun d'eux un compte de cette nature, pour ce qui le concerne personnellement. En rappelant sommairement ce qu'ils ont fait sous les divers rapports indiqués dans l'article 5 de la loi du 23 avril, ils fourniront eux-mêmes les élémens du travail d'ensemble qui doit être présenté aux chambres. Je ne trace aucun cadre pour celui que je demande à MM. les ingénieurs, et dont la division est indiquée d'ailleurs par la loi qu'il s'agit d'exécuter. Les documens généraux que possède l'administration seront rapprochés de ceux qu'elle va recueillir de cette manière; ils s'éclaireront mutuellement.

Indépendamment des divisions naturelles de ce compte rendu, il sera convenable que MM. les ingénieurs présentent un résumé des travaux auxquels ils auront pris part, des affaires de toute nature dont ils se seront occupés, etc., etc. Les considérations générales qu'ils pourront ajouter à leur rapport lui donneront un intérêt de plus.

Je vous prie, monsieur, de vous occuper de ce rapport, conformément aux intentions exprimées dans cette lettre. Je désire qu'il me parvienne pour le 1er. octobre au plus tard. Je m'en rapporte, du reste, à votre zèle pour hâter le plus possible la rédaction du travail statistique dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir par mes dernières circulaires.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée,

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines.

Signé Legrand.

Paris, le 2 septembre 1833.

Accidens arrivés dans les mines, depuis 1822, jusqu'en 1832.

Monsieur le préfet, la 6e. livraison, *T. II*, de la *IIIe. Série* des *Annales des Mines*, renferme une notice sur les accidens arrivés dans les mines du département de la Loire, depuis 1817 jusqu'à 1831. Il serait intéressant d'avoir un travail semblable pour l'ensemble des mines de chaque département, et d'être ainsi à même de pouvoir comparer d'une année à l'autre, pour une même localité, puis d'un département à un autre, pendant un certain nombre d'années, les accidens qui ont eu lieu. On y verrait, j'en ai la confiance, que par l'introduction de bonnes méthodes, par une surveillance assidue et des soins multipliés, le nombre de ces accidens diminue de jour en jour, et que l'exploitation des mines a, sous ce rapport, fait de notables progrès. De tels résultats, si heureux pour l'humanité, sont dus en grande partie au zèle des administrations locales, et au dévoûment de MM. les ingénieurs. Il me paraît utile de les constater.

Je vous prie, monsieur le préfet, de demander à M. l'ingénieur en chef des mines, chargé du service de votre département, et de m'adresser le plus tôt possible, avec vos observations, un travail analogue à celui qui concerne le département de la Loire, et dans la même forme. Ce travail devra comprendre l'intervalle de 1822 à 1832 inclusivement. Si on peut le faire remonter à des époques antérieures, je le verrai avec plaisir. Il serait fort important, par exemple, de comparer l'état des choses avant 1810, et depuis; mais de pareils rapprochemens occasioneraient des recherches longues et multipliées, que MM. les ingénieurs, déjà surchargés de travaux, n'auraient pas le temps de faire d'une manière complète aujourd'hui. Je ne leur demande donc que ce qui leur sera possible, m'en rapportant d'ailleurs au soin qu'ils mettront à remplir mes intentions.

Je saisirai cette occasion pour recommander de nouveau l'exécution des dispositions du décret du 3 janvier 1813, et je vous invite à y tenir la main dans votre département.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente cir-

culaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Calais, le 5 septembre 1833.

Secours aux ouvriers mineurs blessés.

Monsieur le préfet, les art. 15 et 16 du décret du 3 janvier 1813, ont prescrit des dispositions qui tendent à assurer aux ouvriers mineurs tous les secours nécessaires, lorsqu'ils sont victimes des accidens auxquels ils sont si souvent exposés. Aux termes de ces articles, les exploitans doivent entretenir sur leurs établissemens des médicamens et des moyens de secours. Ils doivent aussi entretenir à leurs frais un chirurgien, lorsque leur entreprise a de l'importance et qu'ils occupent un nombre notable d'ouvriers. Un seul chirurgien peut être attaché à plusieurs établissemens à la fois, si ces établissemens se trouvent rapprochés. Son traitement est alors à la charge des propriétaires dans la proportion de leur intérêt.

Je vous iuvite à vous faire rendre compte par M. l'ingénieur en chef des mines de la manière dont ces dispositions importantes ont été et sont exécutées dans votre département, et à m'adresser, avec le rapport de cet ingénieur, vos observations particulières.

Je désire recevoir votre réponse le plus tôt possible. Je vous prie, en attendant, de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, le 31 octobre 1833.

Bateaux à vapeur.

Monsieur le préfet, je vous ai entretenu, par ma circulaire du 22 août dernier, des divers documens que je désirais recevoir, chaque année, en ce qui concerne les machines et chaudières à vapeur à haute ou basse pression employées sur terre.

L'objet de la présente circulaire est de réunir des renseignemens de même genre pour les bateaux à vapeur.

Il est en effet intéressant de constater le développement que prend en France ce mode de navigation. On ne saurait aussi, vous le savez, rechercher avec trop de soin tout ce qui peut assurer au service, en cette matière, une régularité, une continuité d'action qui y sont nécessaires, afin que la société puisse jouir avec sécurité des avantages que lui offre une aussi belle découverte.

Déjà d'utiles indications, pour de nouvelles dispositions réglementaires à prescrire, m'ont été communiquées par MM. les préfets. Un projet de loi, destiné à donner des moyens plus efficaces pour réprimer les contraventions, a été préparé, ainsi qu'un projet d'ordonnance contenant les règles que l'expérience a fait juger indispensables. La multiplicité des travaux des chambres a seule empêché jusqu'ici de présenter la loi; mais les deux projets sont prêts, et l'époque n'est pas éloignée sans doute où les améliorations qu'ils tendent à introduire pourront être partout réalisées.

Il est nécessaire, dans ce système d'amélioration, de présenter des relevés annuels qui fassent connaître :

Le nombre et les noms des bateaux à vapeur qui naviguent dans chaque département; les personnes ou les compagnies auxquelles ces bateaux appartiennent, la destination de chacun d'eux; s'il sert à la remorque ou au transport des passagers ou des marchandises, ou à l'un et à l'autre concurremment; l'estimation du nombre des passagers et du poids des marchandises transportés annuellement; l'étendue de la ligne qu'il parcourt, ses points de départ, de station et d'arrivée, sa vitesse moyenne en montant et en descendant;

Le système de l'appareil moteur et tous les détails qui se rapportent à cet appareil ou au bateau en lui-même (1);

(1) On rappellera ici que l'unité qui sert à évaluer la force des

Les dates des permis de navigation, les conditions auxquelles ils ont été donnés, celles qui sont remplies et celles qui resteraient à exécuter; les lieux où sont établies les commissions de surveillance, les époques de leur formation, les noms des membres qui les composent, en ayant soin de marquer, comme le recommandait la circulaire du 1er. juin 1830, les mutations survenues dans le personnel de ces commissions;

Les dates des visites faites soit dans les ports, soit pendant les traversées et leurs principaux résultats;

Les accidens qui sont arrivés et les dispositions qui ont été prises à leur occasion.

Des indications analogues devront être fournies pour les bateaux stationnaires dans lesquels on fait usage de machines ou d'appareils à vapeur.

Enfin il conviendra d'ajouter à ces états des observations sur la manière dont est fait le service, d'indiquer les perfectionnemens qui paraîtraient pouvoir être introduits, et de donner un exposé sommaire des mesures de police et de précaution prescrites pour compléter les dispositions générales établies par les ordonnances.

Le premier tableau ci-joint présente l'ordre dans lequel ces matériaux peuvent être rassemblés. Il facilitera aux commissions de surveillance, et à MM. les ingénieurs dans les départemens où de telles commissions n'existent pas, la rédaction des détails qu'ils auront à fournir.

Le second tableau analogue au tableau B qui accompagnait ma circulaire du 22 août, est destiné à faire connaître les épreuves faites sur les machines du bateau, soit lorsque ces épreuves n'ont point été exécutées dans le lieu de fabrication de l'appareil, soit lorsqu'elles sont renouvelées.

Les tableaux dont je viens d'indiquer l'objet devront être transmis à l'administration des mines tous les ans, du 1er. au 15 janvier au plus tard.

Ces comptes annuels n'apporteront du reste aucun changement à notre correspondance habituelle, en ce qui concerne les diverses circonstances du service : je vous

---

machines est celle d'un cheval qui, pendant la durée de son travail, produirait constamment un effort égal à celui qu'il faudrait pour élever un poids de 75 kilogrammes à un mètre de hauteur, pendant une seconde de temps.

(*Circulaire du 22 août 1833.*)

serai obligé de continuer à me faire part, comme à l'ordinaire, des arrêtés que vous vous proposerez de prendre, ainsi que des permis de navigation que vous aurez à délivrer, et de m'informer, aussitôt qu'un accident sera arrivé, des mesures que vous aurez prescrites; il conviendra de me faire parvenir en même temps, suivant l'usage, la copie des procès-verbaux qui auront été dressés, soit qu'ils aient été dénoncés ou non au procureur du roi, et les rapports que doivent vous transmettre immédiatement les commissions de surveillance, ingénieurs ou autres agens chargés de veiller à la sûreté publique. Enfin, toutes les propositions particulières que vous auriez à me faire, suivant les cas qui se présenteraient, devront m'être transmises comme par le passé. Je saisis cette occasion pour vous prier de nouveau de rappeler à toutes les personnes qui sont chargées de concourir à la surveillance des bateaux à vapeur, l'instruction du 27 mai 1830. Elles y trouveront un guide sûr pour la mission qui leur est confiée. Cette mission est souvent pénible, mais elle pourra être allégée au moyen des dispositions réglementaires et répressives qui seront par la suite établies, et l'administration invoque avec confiance le zèle dont elles n'ont cessé jusqu'ici de donner des preuves.

Les services qu'elles rendent à la société ne resteront pas ignorés. Afin de donner encore plus de publicité à leurs importantes fonctions, je me propose de faire imprimer, chaque année, dans les Annales des mines et dans celles des ponts-et-chaussées, ainsi que dans l'Almanach royal, le tableau nominatif des membres qui composent les commissions de surveillance. En toute occasion, je m'empresserai de rendre témoignage de leur dévoûment.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines, et à MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées. Je vous prie aussi d'en adresser un exemplaire à chacun des membres de la commission de votre département. J'en joins ici, à cet effet, un nombre suffisant.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, 4 novembre 1833.

Monsieur le préfet, j'ai l'honneur de vous transmettre une copie de la circulaire que je viens d'adresser à MM. les ingénieurs des mines, au sujet des procès-verbaux de visite, des instructions et observations qu'ils doivent rédiger dans leurs tournées, conformément au décret du 3 janvier 1813. Ces dispositions importent à la sûreté comme à la prospérité des exploitations, et il convient qu'elles soient toujours suivies avec le plus grand soin. Procès-verbaux de visite des mines.

Je vous serai obligé de m'adresser le plus tôt possible, avec vos observations et vos propositions, les procès-verbaux de visite qui vous auront été remis.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines.

Signé LEGRAND.

Paris, le 4 novembre 1833.

Monsieur, vous avez dû, aux termes des art. 6 et 23 du décret du 3 janvier 1813, rédiger, lors de votre dernière tournée sur les mines, des procès-verbaux, des instructions et des observations sur la conduite des travaux, et vous avez sans doute transmis déjà des copies de ces pièces à MM. les préfets; dans le cas où il n'en serait point ainsi, je vous prierais de les leur faire parvenir sans retard. Procès-verbaux de visite des mines.

C'est particulièrement par l'envoi de ces documens que MM. les préfets sont informés de l'état des exploitations, et qu'ils sont à même de prendre ou de proposer les mesures que les circonstances rendraient nécessaires. Il est donc indispensable de leur communiquer régulièrement ces pièces. Mon prédécesseur et moi avons constamment appelé l'attention de MM. les ingénieurs sur cette partie essentielle du service. Il est très-important de constater toujours si l'art. 6 du décret de 1813 est exécuté, si le registre et le plan que cet article exige sont régulièrement tenus. Cette disposition et toutes les mesures de surveillance indiquées par les règlemens doivent fixer particulièrement notre attention et nos soins.

J'ai remarqué que plusieurs de MM. les ingénieurs ont inscrit, sur les états d'exploitation de 1833 (produits de 1832), les procès-verbaux mêmes de visite. Les documens qu'ils renferment peuvent sans doute être consignés très-utilement sur les états d'exploitation, mais il n'en est pas moins nécessaire que les ingénieurs adressent aux préfets des copies séparées des procès-verbaux, afin que ceux-ci puissent me les transmetre avec leurs observations. Les pièces dont il s'agit doivent du reste être envoyées aux préfets par l'intermédiaire des ingénieurs en chef, qui y joignent leurs propositions.

L'article 6 du décret de 1813, porte que le procès-verbal de visite et les observations seront insérés sur le registre et le plan dont il est fait mention au même article. Il est arrivé que des procès-verbaux de visite ont été rédigés dans les bureaux de MM. les ingénieurs et non sur les lieux mêmes ; il convient de s'en tenir toujours aux termes du décret.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente, et de me faire connaître l'époque à laquelle vous en aurez rempli l'objet.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée,

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé Legrand.

Paris, le 16 novembre 1833.

Statistique des mines et usines.

Monsieur, les états annexés à mes circulaires des 1er. mars et 25 avril derniers, relatives aux mines et usines, contiennent des colonnes spéciales où MM. les ingénieurs doivent exprimer le nombre et la force des machines hydrauliques ainsi que des machines à vapeur employées sur ces établissemens. La force des machines doit y être rapportée à celle du cheval. La valeur de cette unité dynamique a été définie dans ma circulaire du 22 août dernier concernant les appareils à vapeur. Elle est représentée par l'effet obtenu d'un cheval, qui pendant toute la durée du travail, élèverait constamment par seconde un poids de 75 kilogram. à 1 mètre de hau-

teur. Il est bien entendu que cette unité ainsi définie devra être adoptée également dans la rédaction des états que j'ai demandés sur les mines et sur les usines.

Quant à la puissance du moteur, il conviendra d'en donner l'expression totale, c'est-à-dire de faire connaître l'effet utile de la machine augmenté de toutes les résistances qu'elle doit vaincre.

Je désire que, dans la partie des états destinée aux observations, vous indiquiez les moyens à l'aide desquels vous aurez estimé la force totale de chaque moteur.

Je vous prie, monsieur, de ne pas perdre de vue les dispositions de la présente, de m'en accuser réception, et de terminer, le plus tôt qu'il vous sera possible, le travail dont vous êtes chargé. Les états dressés par MM. les ingénieurs ordinaires doivent d'ailleurs, ainsi que je l'ai demandé, me parvenir par l'intermédiaire de MM. les ingénieurs en chef qui ont à y réunir leurs observations et des tableaux particuliers.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée,

Le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé Legrand.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME IVe.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE.

MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION DES MINES.

ACTES ADMINISTRATIFS. — DROIT ADMINISTRATIF.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

PLANCHES JOINTES AU TOME IVe.

FIN DU TOME QUATRIÈME.

ERRATA.

PAGES.	LIGNES.	AU LIEU DE	LISEZ :
37	8	. . dix - septième . .	. . . . septième
37	14	. . Haute - Lindre . .	. . . Basse-Indre
42	10	. près de Dieuze .	. près de la route de Dieuze
50	10-11	. . . la partie . . .	. . la majeure partie
55	10	. . . deuxième . . .	. . . . troisième
60	23	. . mélangée . . .	. . . . mélange
63	20	. le percement . .	. . le percement K
64	17	. . . . devrait . . .	. . . . devait
65	7	. . . . 3^{m},1	. . . . 111^{m},1
65	7	. . . . 111^{m},1 . . .	. . . . 159^{m},3
67	26	. . . débordé . . .	. . . débordant
128	23	. . . exploitée . . .	. . . . exploité
156	33	. . . 100 kilog, . . .	. . . 1.000 kilog
393	19	. . . accomgné . . .	. . . accompagné

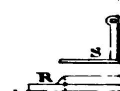
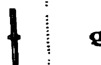
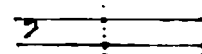
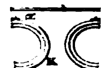
XP

le su

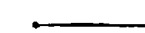
K K

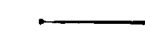
30

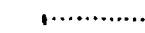
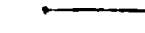
AIR



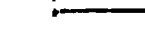





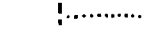
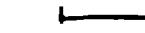



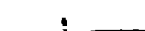






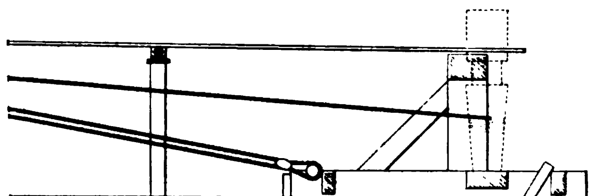








T.

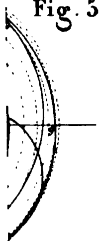
'e .



par le style.

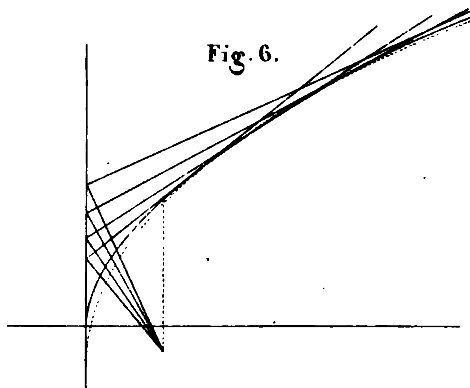
Courbe relevée du mouvement

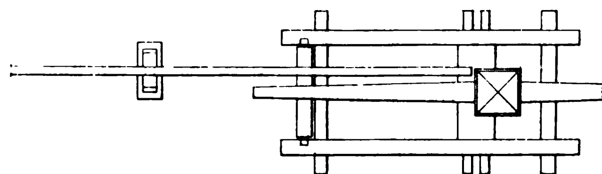
Fig. 5.



ent

Fig. 6.

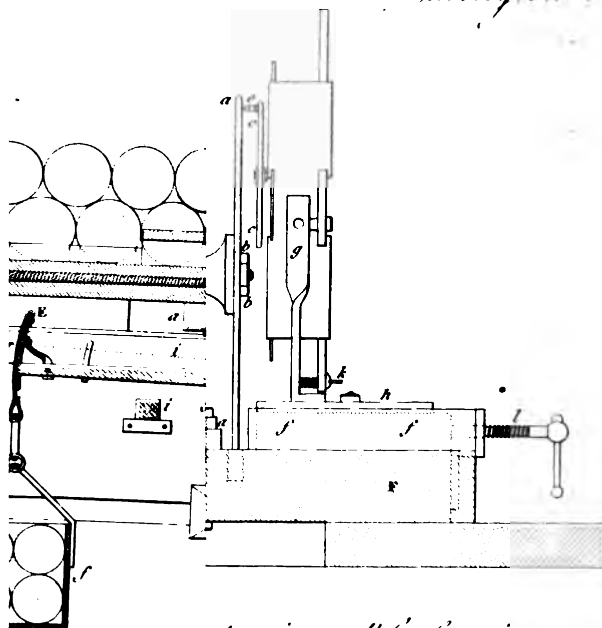




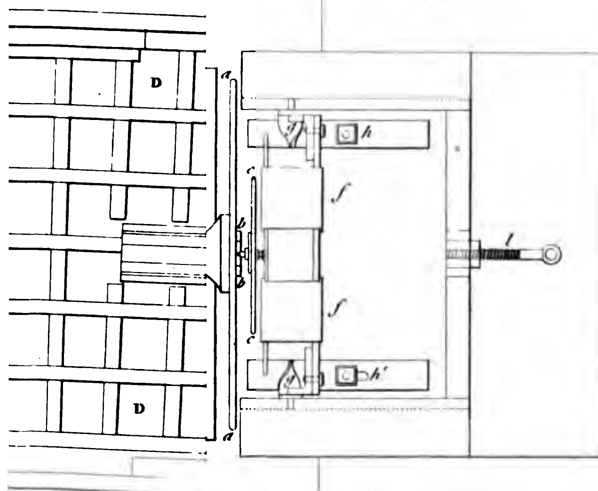
Dessiné par Boulanger. Gravé par Adam.

Fig. 1.

...u mécanisme d'horlogerie !



...écanisme d'horlogerie.

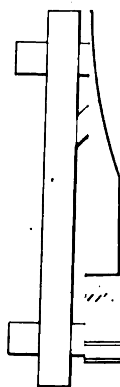


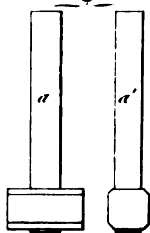
...les Fig. 1 et 2.

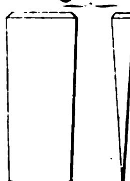
20 30 40 50 centimètres

Echelle des Fig. 3 et 4.

Dessiné par Boulanger. Gravé par Adam







Plat coin.

Masse.



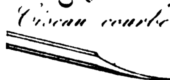


Picot.

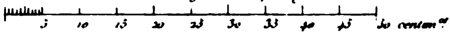
Agrappe à piocher.

Fig. 9.

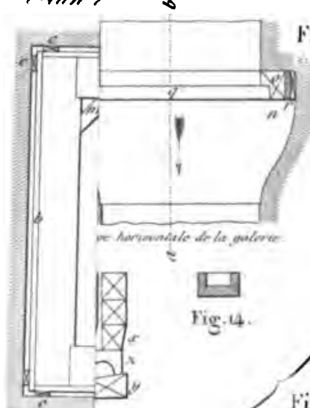
Ciseau courbe.

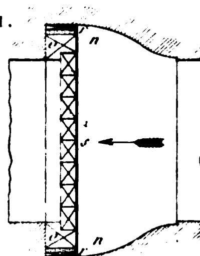


Echelle des Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9.

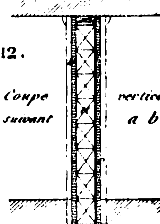


Serrement à chassis.

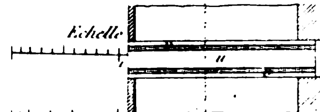




Coupe verticale suivant a b



Coupe horizontale de la galerie.



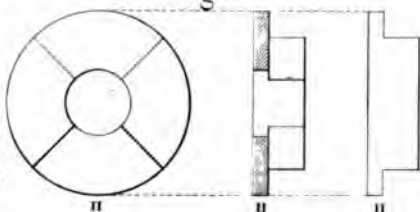
Serrement à entailles.

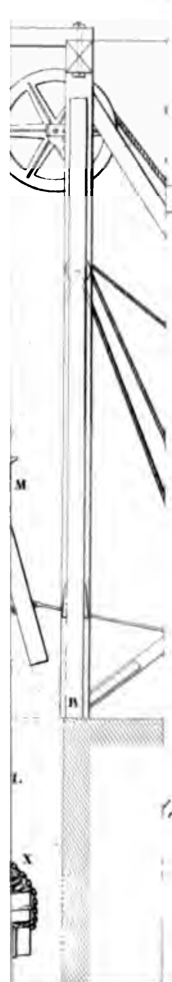
Gravé par Adam.

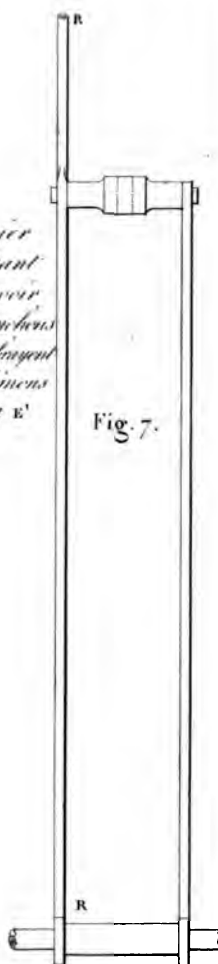
... Machin... *Manchons placés sur l'axe* D.

... de la mach...
...re à l'axe du tr...
..., de la Fig. 3, Pl...

Fig. 5.







Levier faisant mouvoir les manchons qui embrayent les pignons E' et E'

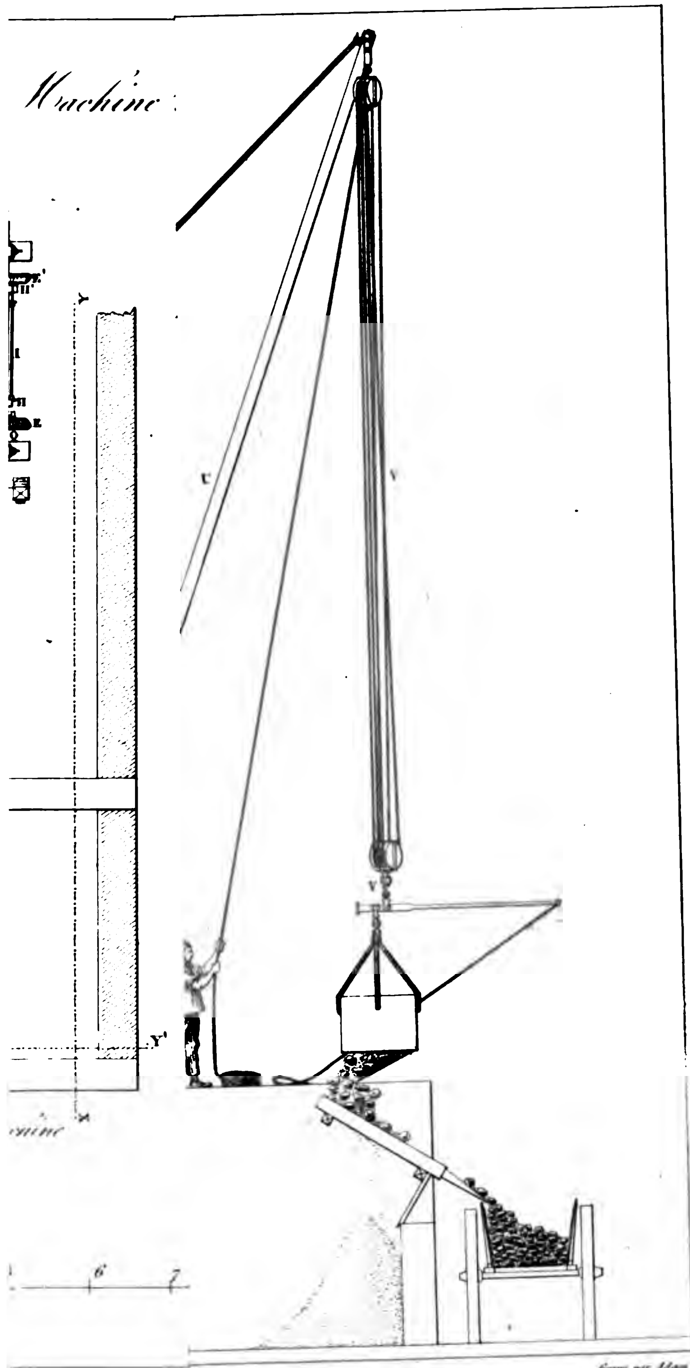
Fig. 6.

Fig. 7.

l'embrayage

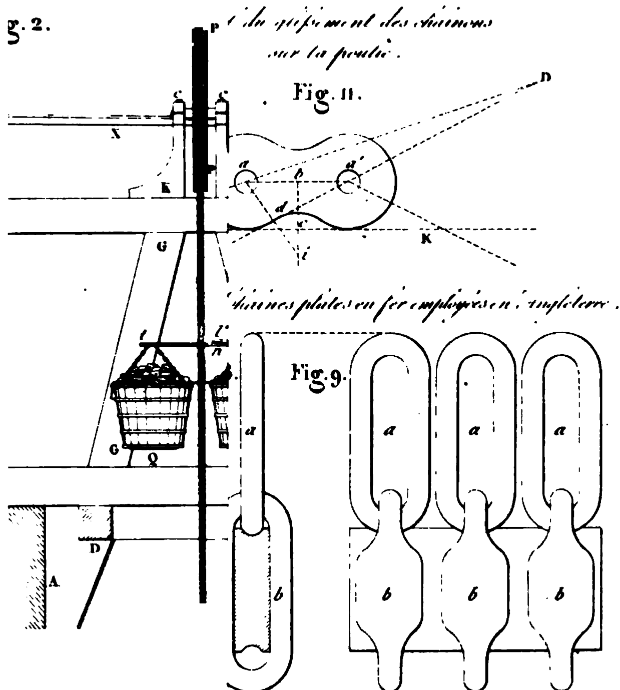
Gravé par Adam.

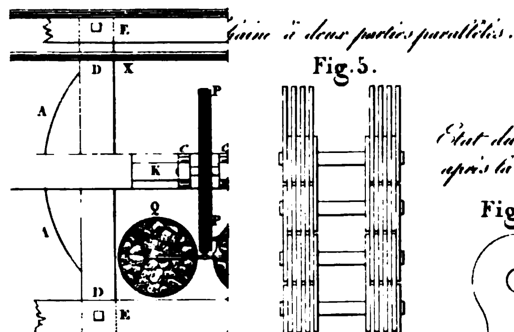
Pl. VII.



...e d'extraction, &c. par M.r Gallé.

...ale de la machine. II.



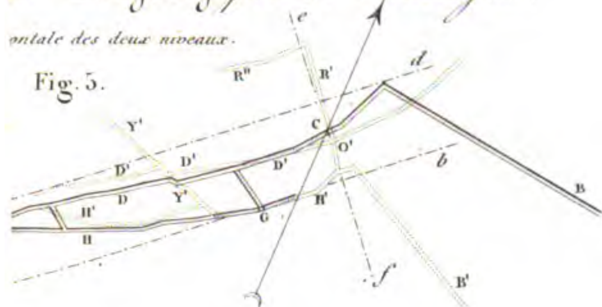


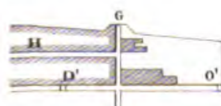
...la machine.



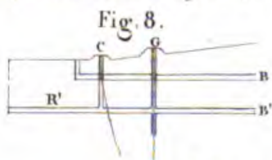
Gravé par Adam.







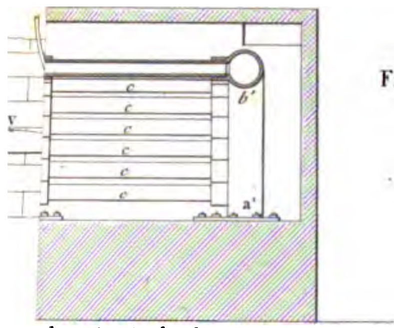






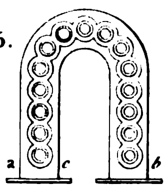
Gravé par Adam.

l de Monkland-iron-Works.



Coupe longitudinale.

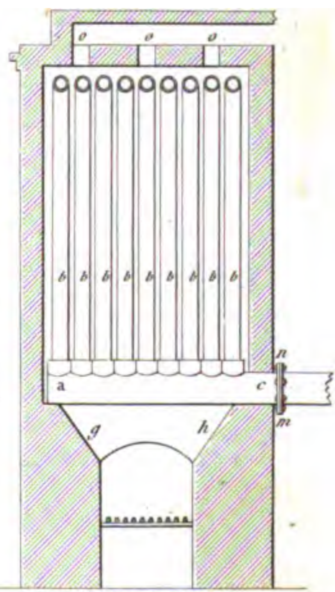
Fig. 5.



Projection verticale du gros tuyau a b.

reil de Calder.

Fig. 7.



Coupe suivant AB.

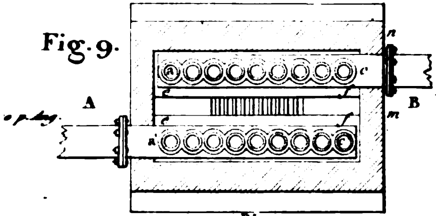


Fig. 8.



Détail du gros tuyau a c sur une echelle double.

Fig. 9.

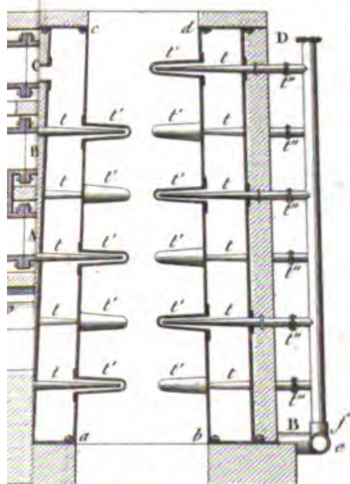


Plan.

Gravé par Adam.



...reil placé sur le gueulard ... fourneau de Wenesbury.



Appareil adapté au gueulard d'un cubilot.

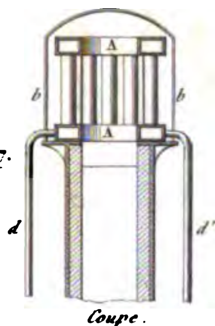


Fig. 17.

Coupe.

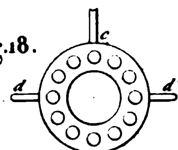


Fig. 18.

Plan de l'Anneau.

Appareil placé sur un cubilot.

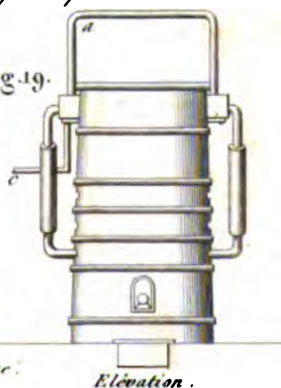


Fig. 19.

Élévation.

Appareil adapté à une forge.

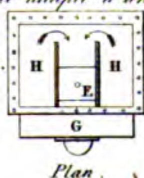


Fig. 22.

Plan.

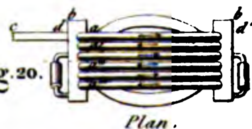


Fig. 20.

Plan.

...upe.

5 10 pieds Anglais.



